PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Digitale schakelingen

Leerlingboek DS 3

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

Tweede, herziene druk 1977
Derde, herziene druk 1979
Vijfde druk 1981

PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Digitale schakelingen

Leerlingboek DS 3

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

OVER DEZE SCANS
Als basis voor deze scans hebben wij gebruik gemaakt van de door 'Freeservicemanuals' in 2018 gemaakte scans. Wij hebben de pagina's van deze scans echter zorgvuldig naar de originele staat gerestaureerd, onder andere door alle persoonlijke notities en de antwoorden op alle oefeningen en vragen te verwijderen.

Tweede, herziene druk 1977
Derde, herziene druk 1979
Vijfde druk 1981

INHOUDSOPGAVE DEEL D

b

D 26

R E G I S T E R S

INLEIDING

In voorgaande lessen hebben we kennis gemaakt met uit master-slave JK-flip flop's samengestelde telschakelingen en daarop volgende decodeerschakelingen.

De gewone binaire teller bestaat uit een aantal achter elkaar geschakeld master-slave JK-flip flop's. Door n flip flop's achter elkaar te zetten, kan tot en met $2^n - 1$ geteld worden.

Een decade-teller is zó geschakeld, dat door de 10de impuls de begintoestand terugkomt. Deze teller bevat 4 JK-flip flop's. Van de 16 mogelijke uitgangstoestanden worden er slechts 10 gebruikt.

Wil men het binaire uitgangsgetal van een decade-teller als decimaal cijfer uitlezen, dan is daarvoor een decodeerschakeling nodig. We hebben een decodeerschakeling met 10 NAND's besproken. Elk van de NAND's geeft een "0" aan zijn uitgang als de juiste combinatie van signalen uit de teller op de ingangen worden aangeboden. Met deze "0" wordt de cijferindicatorbuis bediend die het gewenste decimale cijfer daardoor weergeeft.

Een geheel andere decodeerschakeling is de schakeling voor het "7-segment display", die ook in één van de voorgaande lessen is besproken. In het 13-segment display is tevens een geheugen-, een decodeer- en een stuurschakeling ondergebracht.
Zowel tellers als decodeerschakelingen zijn vrij gecompliceerd, terwijl ze veel worden toegepast. Daarom heeft men ze als IC uitgevoerd. De IC N74160, N7441 en N7447, die in de vorige lessen zijn besproken, zijn hiervan voorbeelden.

Bekijk deze lessen nog eens en beantwoord dan:

- de N74160 is een [ ]
- de N 7441 is een [ ]
- de N 7447 is een [ ]

In deze les bespreken we het zogenaamde binaire elektronische *register*. We kennen allemaal het "kasregister". Dit is het onderdeel van een kassa waarmee de aangeslagen bedragen tijdelijk voor de klant zichtbaar worden. Wij bespreken een elektronisch register dat is samengesteld uit een aantal master-slave JK-flip flop's. Hierin wordt de getalinformatie tijdelijk binair opgeslagen in de vorm van een aantal "nullen" en "enen".
We behandelen:
- de schakeling van zo'n register,
- het in- en uitvoeren van informatie.

Zowel het invoeren als het uitvoeren van de informatie kan óf in serie óf parallel geschieden.
We laten zien welke manier van invoeren of uitvoeren in een aantal gevallen de voorkeur verdient.

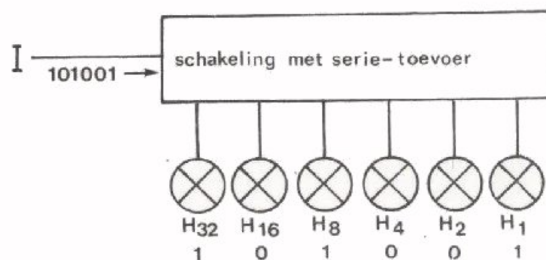
Tot slot wordt een speciale toepassing van het schuifregister, de "twisted ringcounter", besproken.

SERIE- EN PARALLEL TOEVOER VAN DIGITALE INFORMATIE

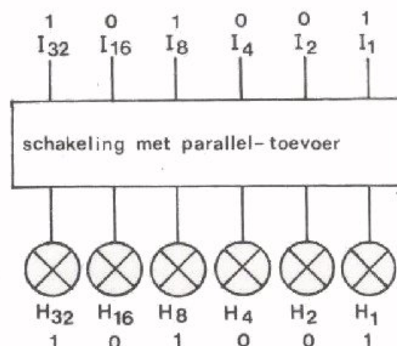
Digitale informatie bestaat uit een aantal "nullen" en "enen", bijvoorbeeld 101001. Deze informatie kan men op twee manieren aan een schakeling toevoeren.

a. Men kan *na elkaar* de achtereenvolgende bits toevoeren. Men spreekt dan van *in serie* toevoeren.
b. Men kan *tegelijkertijd* al de bits toevoeren. Dan spreekt men van *parallel* toevoeren.

We lichten dit toe. Een schakeling moet het toe te voeren binaire getal weergeven in de vorm van een aantal lampjes die al dan niet branden.



Bij serietoevoer worden achtereenvolgens 1, 0, 0, 1, 0 en 1 toegevoerd aan de éne ingang *I*. Daarna is het getal 1 0 1 0 0 1 zichtbaar door het al of niet oplichten van de diverse lampjes.



Bij paralleltoevoer worden tegelijkertijd de benodigde bits aan de zes aparte ingangen I_1 tot en met I_{32} toegevoerd. Dan wordt het getal 1 0 1 0 0 1 ineens zichtbaar gemaakt.

Een voordeel van de serietoevoer is dat men slechts één toevoerleiding nodig heeft.
Een voordeel van de paralleltoevoer is dat het invoeren sneller geschiedt.

OEFENING

- Bij een binaire teller voert men aan alle R-ingangen van de master-slave JK-flip flop's een resetimpuls toe.

  Dit is een voorbeeld van **serie / parallel** toevoer.

- Bij de BCD counter N74160 maakt men gebruik van de ingangen I_1, I_2, I_4 en I_8 bij $I_E = 0$.

  Dit is een voorbeeld van **serie / parallel** toevoer.

- Bij de BCD counter N74160 maakt men gebruik van de ingang +1 bij $C_1 = 1$, $C_2 = 1$ en $I_E = 1$.

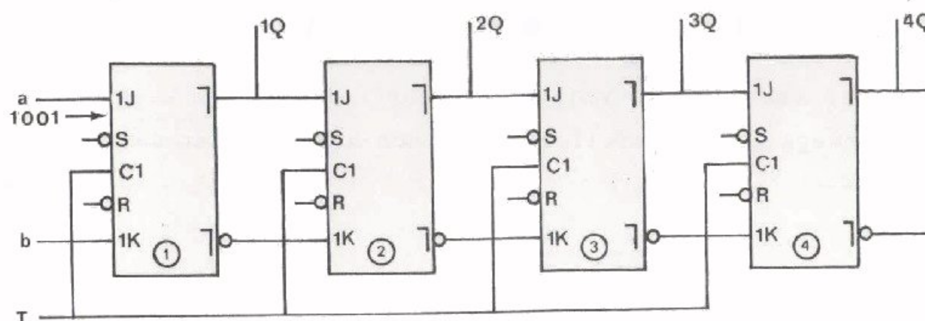
  Dit is een voorbeeld van **serie / parallel** toevoer.

OPMERKING:

Ook het *afgeven* van informatie kan óf "in serie" óf "parallel" geschieden. In een voorgaande les hebben we een teller met vier JK-flip flop's gebouwd. Het door de teller getelde binaire getal hebben we met B_1, B_2, B_3 en B_4 zichtbaar gemaakt. Daarbij heeft de teller zijn informatie in **serie / parallel** aan de LED's toegevoerd.

HET SCHUIFREGISTER MET SERIE-TOEVOER

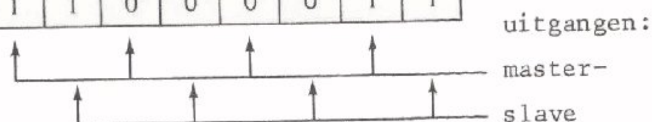
Een register dient om informatie tijdelijk te bewaren. Het is een tijdelijk geheugen voor informatie.
In deze les behandelen we een binair elektronisch register dat is samengesteld uit een aantal achter elkaar geschakelde JK-flip flop's.
De schakeling met vier flip flop's is hieronder getekend.



Om de werking duidelijk te maken veronderstellen we dat we de binaire informatie 1001 *in serie* toevoeren aan ingang a.
In de begintoestand veronderstellen we dat de ingangen a en b en alle Q-uitgangen toestand "0" hebben. Telkens als daarna a een "1" krijgt, krijgt b een "0"; als a een "0" krijgt, krijgt b een "1".

Hieronder is in de functietabel te zien hoe het invoeren verloopt.
Daarin is de uitgangstoestand van de slaves en die van de masters gegeven, zodat u alles stap voor stap kunt volgen.

perioden van klokimpuls *T*	T	a	b	① 1M	① 1Q	② 2M	② 2Q	③ 3M	③ 3Q	④ 4M	④ 4Q
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1ste	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0			1	1	0	0	0	0	0	0
2de	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	0			0	0	1	1	0	0	0	0
3de	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	0			0	0	0	0	1	1	0	0
4de	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	0			1	1	0	0	0	0	1	1



De uitgangen van de masters geven we met M aan, de uitgangen van de slaves met Q.

Loop voor uzelf de functietabel door. Bedenk van tevoren:

- wordt T = 1 dan veranderen alléén de **masters / slaves**

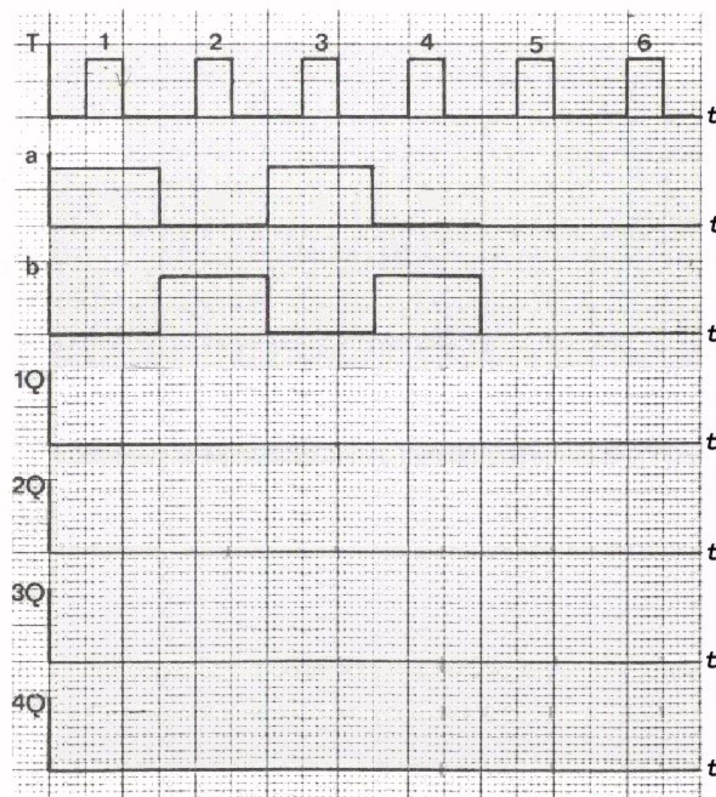
- wordt T = 0 dan veranderen alléén de **masters / slaves**

Samenvattend kunnen we stellen:
Voert men a = 1 met b = 0 toe, dan wordt eerst de master van ① geset; die geeft dit door aan de slave van ①; deze weer aan de master van ②; die weer aan de slave van ②; enzovoort. Dit is één keer met pijltjes aangegeven. Vanwege het schuifeffect noemt men het register een *schuifregister*.

OEFENING

In het schuifregister dat op blad 5 getekend is moet de informatie 1010 worden opgeslagen, waarbij het grootste gewicht het eerst ingeschoven moet worden. Door aan alle *R*-ingangen even een reset-impuls toe te voeren zijn alle Q-uitgangen op "0" gebracht.

Schets in onderstaande tijd-volgorde diagrammen het verloop van 1Q, 2Q, 3Q en 4Q. Vul ook de functietabel op het volgende blad in.

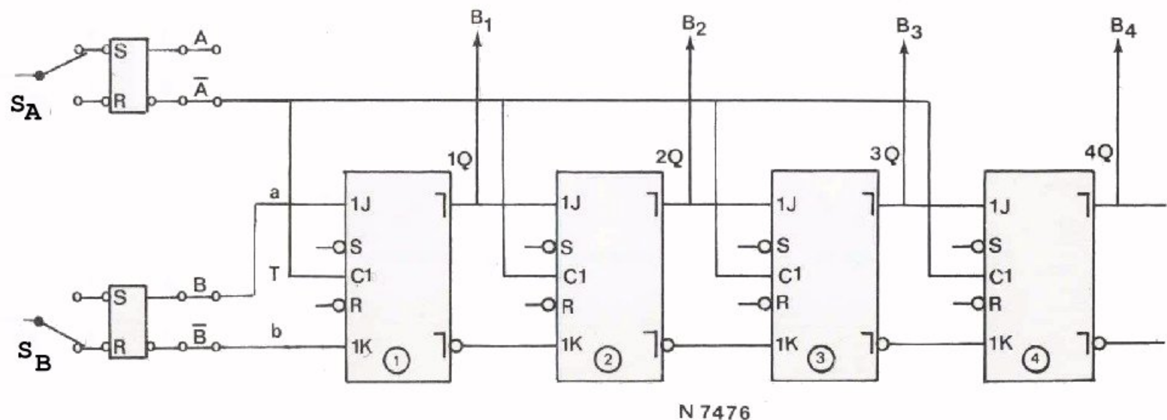


toestand na:	a	b	1Q	2Q	3Q	4Q
	0	0	0	0	0	0
1^e T-impuls						
2^e T-impuls						
3^e T-impuls						
4^e T-impuls						

- We hebben slechts 4 klokimpulsen nodig om 1010 op te slaan.
  Wat gebeurt er als men nóg eens 4 klokimpulsen er achteraangeeft, terwijl men a = 0 en b = 1 houdt?

OPDRACHT: SERIE-TOEVOER IN SCHUIFREGISTER

- Bouw onderstaande schakeling op uw paneel. Zet S_A en S_B in de getekende standen.



- Schakelaar S_B kan via een [ ] -schakeling informatie aan aan het schuifregister toevoeren.

- Met behulp van S_A kan men "met de hand" beurtelings T = 1 en T = 0 toevoeren. Dit T-signaal is de klokimpuls.

- In de getekende standen van S_A en S_B is a = [ ] en T = [ ]

- Breng zo nodig met resetimpulsen 1Q, 2Q, 3Q en 4Q op "0".

- Voer eerst even een "1" aan het register toe met S_A en geef daarna een aantal klokimpulsen met S_B.
  We zien nu achtereenvolgens B_1, B_2, B_3 en B_4 oplichten: de toegevoerde "1" wordt door het register geschoven.

- Zet achtereenvolgens S_A heen, S_B twee keer heen en terug, en tenslotte S_A terug. We hebben nu na elkaar (dus in serie) 2 "enen" in het register gebracht. B_1 en B_2 branden.

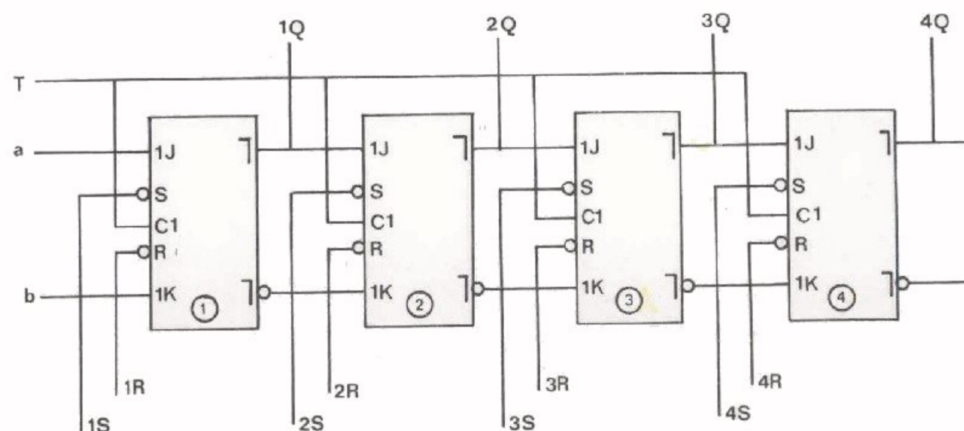
- Voer daarna nog een aantal klokimpulsen toe. Daardoor doorlopen de 2 "enen" het register.

- Merk op: door het toevoeren van klokimpulsen schuiven de "nullen" en "enen" door het register heen. De T-ingang noemt men ook wel de schuif-ingang.

HET REGISTER MET PARALLEL-TOEVOER

Bij gebruik van hetzelfde register kan men de informatie ook parallel aanbrengen; met andere woorden: in één keer.

Hieronder is de schakeling weer getekend.



Bij het parallel toevoeren van informatie gebruiken we in dit voorbeeld de set- en reset-ingangen.
Zo is bijvoorbeeld de informatie 1011 toe te voeren door te zorgen voor:

1S = 0, 2S = 0, 3S = 1 en 4S = 0
1R = 1, 2R = 1, 3R = 0 en 4R = 1

Immers dan ontstaat

1Q = 1, 2Q = 1, 3Q = 0 en 4Q = 1

OPDRACHT: PARALLEL-TOEVOER IN SCHUIFREGISTER

- Houd het op blad 9 gegeven schema tijdens de meting erbij om goed te kunnen overzien wat u gaat doen.

- Zet S_1 en S_2 in de getekende stand.
  Maak 1Q = 0, 2Q = 0, 3Q = 0 en 4Q = 0.

- Breng nu de volgende toestand *parallel* aan: 1Q = 1, 2Q = 1, 3Q = 0 en 4Q = 1.
  Dit gebeurt door van flip flop [, ,] even [S / R] aan "0" te leggen.

- Voer daarna een aantal klokimpulsen toe, waardoor de informatie het register uitschuift.

- Breek de schakeling nog niet af.

HET AFGEVEN VAN DE INFORMATIE

De in het register opgeslagen informatie kan men op twee manieren afgeven.

- In de eerste plaats *parallel* door tegelijkertijd de informatie van 1Q, 2Q, 3Q en 4Q af te nemen. Hiervoor zijn 4 verbindingen nodig.

- In de tweede plaats *in serie* door de informatie van alléén 4Q af te nemen en daarbij klokimpulsen aan T toe te voeren.
  Is bijvoorbeeld 1011 opgeslagen, dan zal bij het toevoeren van klokimpulsen deze informatie "het register uit schuiven". Daardoor is 4Q achtereenvolgens 1, 0, 1 en 1.
  Dit kost meer tijd. Men heeft echter maar één verbinding nodig. Verder is na het afgeven de informatie uit het register verdwenen.

OEFENINGEN

- Op de indicatormodul bevinden zich 5 LED's (B_1 t/m B_5).
  Bij de proeven uit deze les is aan het branden of niet branden van deze LED's te zien welke informatie in het register aanwezig is.

  Het register geeft de informatie daarbij **in serie / parallel** aan de LED's af.

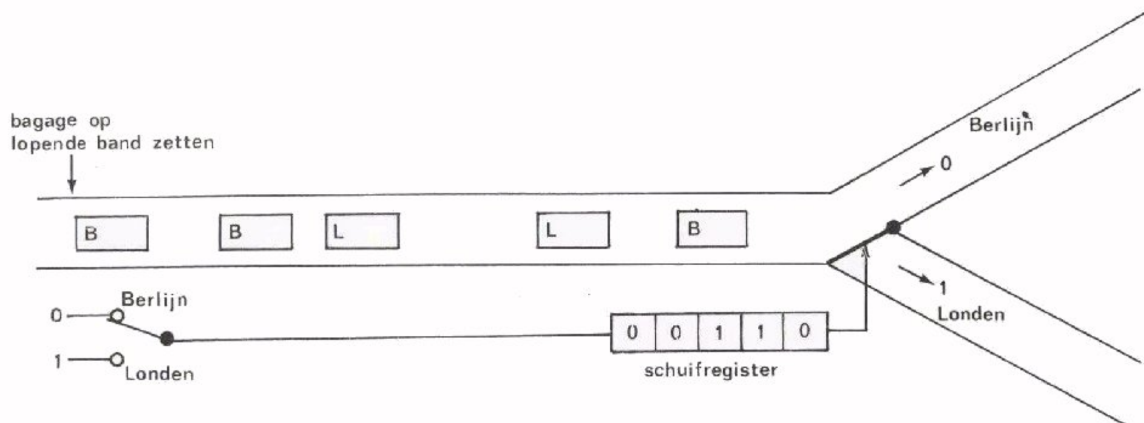
- De verbindingen met de eerste drie LED's worden verbroken.
  Vervolgens wordt de informatie parallel aan het register toegevoerd.
  Door vervolgens klokimpulsen toe te voeren, ziet men aan het al of niet oplichten van de laatste LED welke informatie men heeft toegevoerd.
  Bij het waarnemen van de laatste LED geeft het register de informatie

  in serie / parallel door.

  We hebben gezien dat men informatie "in serie" of "parallel" kan toevoeren. Verder dat opgeslagen informatie "in serie" of "parallel" kan worden afgegeven.
  We gaan een aantal voorbeelden geven waaruit blijkt dat het de ene keer handiger is om informatie in serie toe te voeren, de andere keer om dit parallel te doen.
  Hetzelfde laten we zien voor het afgeven van informatie.

VOORBEELD 1: SERIE-TOEVOER EN SERIE-AFGIFTE

Op een vliegveld komen passagiers met verschillende bestemmingen aan. De voor Berlijn en Londen bestemde passagiers moeten hun bagage afgeven bij het begin van een lopende band. Deze kan via een tweesprong de goederen scheiden in die voor Berlijn en die voor Londen.



De man die de bagage op de lopende band plaatst, drukt op de "Berlijnknop" als hij een voor Berlijn bestemde koffer op de band plaatst.
Daardoor schuift een "0" in het schuifregister dat bij de tweesprong aanwezig is.
Plaatst de man daarna een voor Londen bestemde koffer op de band, dan drukt hij op een andere knop, de "Londenknop". Hierdoor schuift een "1" het schuifregister in en schuift tegelijkertijd de vooraf ingeschoven "0" door.

Als een koffer vlak voor de tweesprong is gekomen, is zijn bit net aan het eind van het register. Daardoor wordt als de bit een "0" is, automatisch de "0"-richting door een wissel vrijgegeven. Is de bit een "1", dan wordt de "1"-richting vrijgegeven. Zo wordt elk stuk bagage automatisch de goede kant op gestuurd.

Door het lopen van de band worden regelmatig klokimpulsen aan het register toegevoerd. Hierdoor schuift elke bit regelmatig door het register heen om juist op tijd de wissel op de tweesprong om te zetten. Daarna schuift de bit het register uit bij de volgende klokimpuls.

Het ligt voor de hand dat dit na elkaar aanbieden van de goederen de bits het beste in serie aan het register kunnen worden toegevoerd. Verder moet de wissel telkens per stuk bediend worden, zodat de informatie ook in serie naar de wissel doorgegeven moet worden.

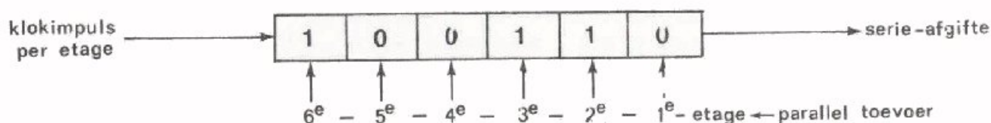
VOORBEELD 2: PARALLEL-TOEVOER EN SERIE-AFGIFTE

Een register met parallel-toevoer en serie-afgifte treft men bijvoorbeeld aan bij een *personenlift.*

Stel dat het een lift is voor een gebouw met 6 etages. Op de begane grond stappen een aantal personen in, die naar verschillende etages moeten. Voor het *stijgen* van de lift is een schuifregister aanwezig met 6 bits, voor elke etage één. De laatste bit is voor de le etage, de op een na laatste voor de 2e etage, enz.
In de lift gekomen drukken de personen op de knoppen van de etages waar de lift moet stoppen. Ze brengen zo parallel "enen" aan in het register.

Als de lift gaat stijgen worden daardoor automatisch klokimpulsen aan het register toegevoerd, zodat tijdens het stijgen de bits door het register worden geschoven.
Vlak voor het bereiken van een etage krijgt de lift het bevel om te stoppen als de laatste bit een "1" is. Gaat de lift na het stoppen verder, dan worden alle bits een plaats opgeschoven en schuift genoemde "1" eruit. Is de laatste bit "0", dan krijgt de lift vlak voor het bereiken van de bijbehorende etages géén bevel om te stoppen. Dan gaat hij dus door. Onderweg is het nog mogelijk om een "1" in het register te brengen voor een nog te passeren etage.

Omdat meerdere personen *tegelijkertijd en op willekeurige plaatsen* "enen" aan het register moeten kunnen toevoeren, moet de toevoer *parallel* geschieden.
Omdat de lift *achtereenvolgens* op diverse etages moet stoppen, moet de informatie *in serie* uit het register gevoerd worden.



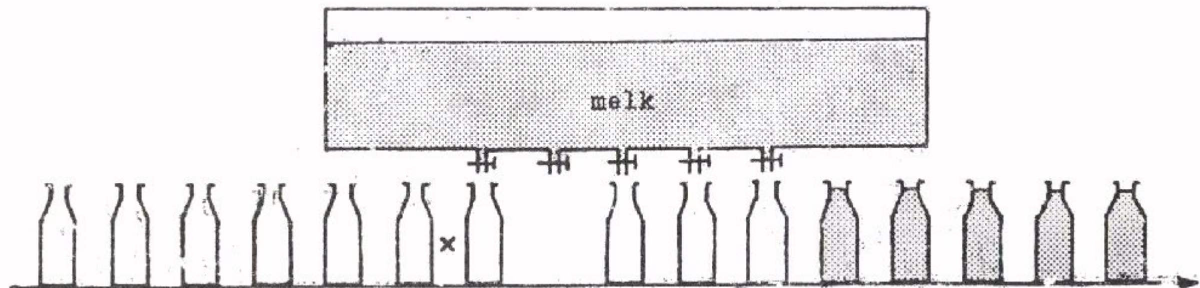
OEFENING

Bij een lift voor een gebouw met 8 etages en een kelderruimte brengt men voor het *dalen* een schuifregister aan. Het systeem is hetzelfde als hierboven beschreven voor het stijgen.

Het register moet [   ] bits kunnen bevatten.

VOORBEELD 3: IN SERIE- OF PARALLEL-TOEVOER EN PARALLEL-AFGIFTE

In een melkfabriek moeten telkens 5 flessen tegelijkertijd gevuld worden. Hiertoe voert men de lege flessen aan met een lopende band.



De band brengt de flessen telkens net 5 plaatsen verder, zodat er dan vijf nieuwe lege flessen onder de vulkranen staan.
Het kan voorkomen dat er af en toe een fles ontbreekt, zoals boven is getekend. In dat geval moet men beletten dat de kraan boven de lege plaats geopend wordt. Hiervoor heeft men volgende voorzieningen getroffen:

Als de flessen doorgeschoven worden, passeren zij om de beurt het punt x (zie tekening). Bij x zijn een lichtbron en een fotocel aan weerszijden van de band opgesteld. Telkens als een fles x passeert, wordt de lichtstraal naar de cel onderbroken en brengt de cel een "1" aan in een schuifregister met 5 bits. Zo zijn er in ons voorbeeld even voordat de geschetste toestand is ontstaan "1", "1", "1", "0" en "1" *in serie* het schuifregister ingeschoven.

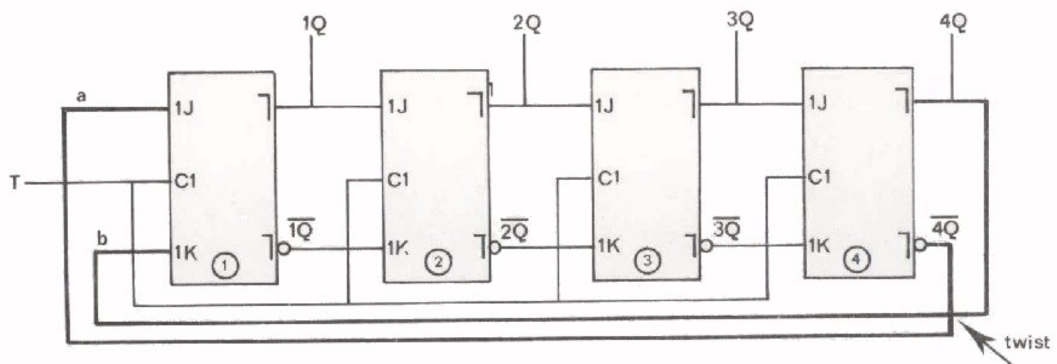
Het aanwezig zijn van de flessen is ook waar te nemen door niet op plaats x één fotocel aan te brengen, maar bij elke plaats onder een kraan. Dan kunnen in één keer alle "enen" en "nullen" in het register gebracht worden vlak nadat een nieuwe serie flessen onder de kranen is aangekomen. In dit geval worden de bits *parallel* aan het register toegevoerd.

Het "in serie" toevoeren heeft als voordeel dat men maar één fotocel en toevoerleiding nodig heeft.
Het "parallel" toevoeren heeft als nadeel dat er 5 fotocellen en toevoerleidingen nodig zijn.
Het voordeel is dat er ook voorzien is in de mogelijkheid dat een fles na het passeren van punt x alsnog van de band valt.

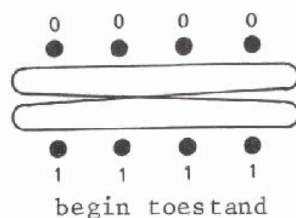
Staan de flessen eenmaal onder de kranen en zijn de bits aan het register toegevoerd, dan wordt het commando gegeven waarop de kranen geopend worden. Dit gebeurt echter alleen voor die kranen, waarvoor een "1" in het register is ingevoerd. Zo geeft het register zijn informatie *parallel* af om ervoor te zorgen dat de kranen (waaronder een fles staat) gelijktijdig geopend worden.

TWISTED RINGCOUNTER

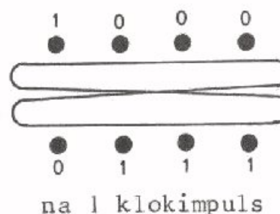
Een schuifregister kan op een speciale manier als *teller* of counter gebruikt worden. Daarbij verbindt men de uitgangen met de ingangen, zodat er als het ware een "ring" ontstaat. Vandaar de naam "ringteller ("ringcounter" in het Engels). Hierbij verbindt men de 4Q-uitgang met de b-ingang en de $\overline{4Q}$-uitgang met de a-ingang. De teruggaande leidingen worden in het schema een halve slag gedraaid (Engels: getwist). Daarom noemt men deze teller een *twisted ringcounter*.



Hierboven zien we een schakeling met 4 JK-flip flop's als voorbeeld. We hebben tevens de begintoestand weergegeven, waarin alle Q-uitgangen gelijk aan "0" zijn en alle $\overline{Q}$-uitgangen gelijk aan "1". Voeren we klokimpulsen toe, dan schuiven de "nullen" bij 4Q het register uit en er bij b weer in. Tevens schuiven de "enen" bij $\overline{4Q}$ het register uit en er bij a weer in.



begin toestand



na 1 klokimpuls

De informatie loopt als het ware steeds rond.

OEFENING

Vul zelf de functietabel in voor 9 opeenvolgende toestanden.

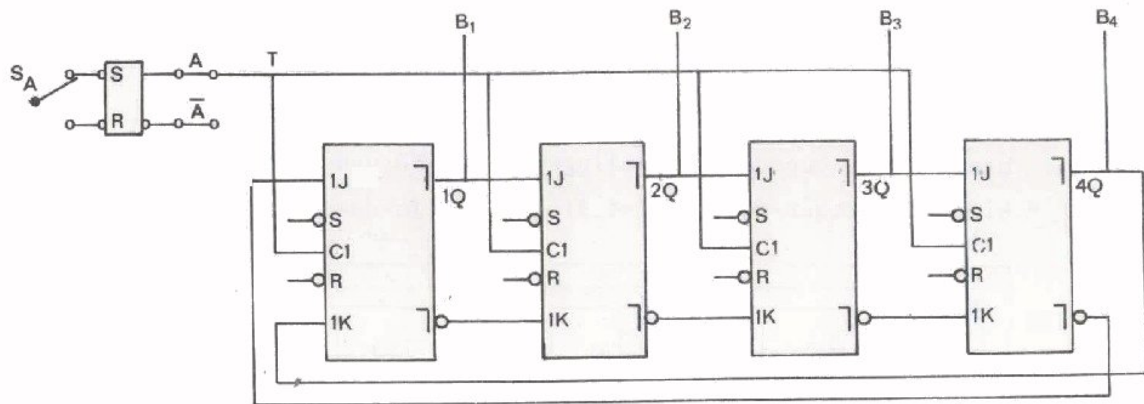
U ziet dat 8 impulsen in een *bepaalde code* geteld worden. Bij het toevoeren van de volgende 8 impulsen herhaalt de geschiedenis zich.

toestand na:	1Q	2Q	3Q	4Q
	0	0	0	0
1e klokimpuls				
2e klokimpuls				
3e klokimpuls				
4e klokimpuls				
5e klokimpuls				
6e klokimpuls				
7e klokimpuls				
8e klokimpuls				

In een opdracht gaan we een uit 4 JK-flip flop's samengestelde twisted ringcounter bouwen.

OPDRACHT: DE TWISTED RINGCOUNTER

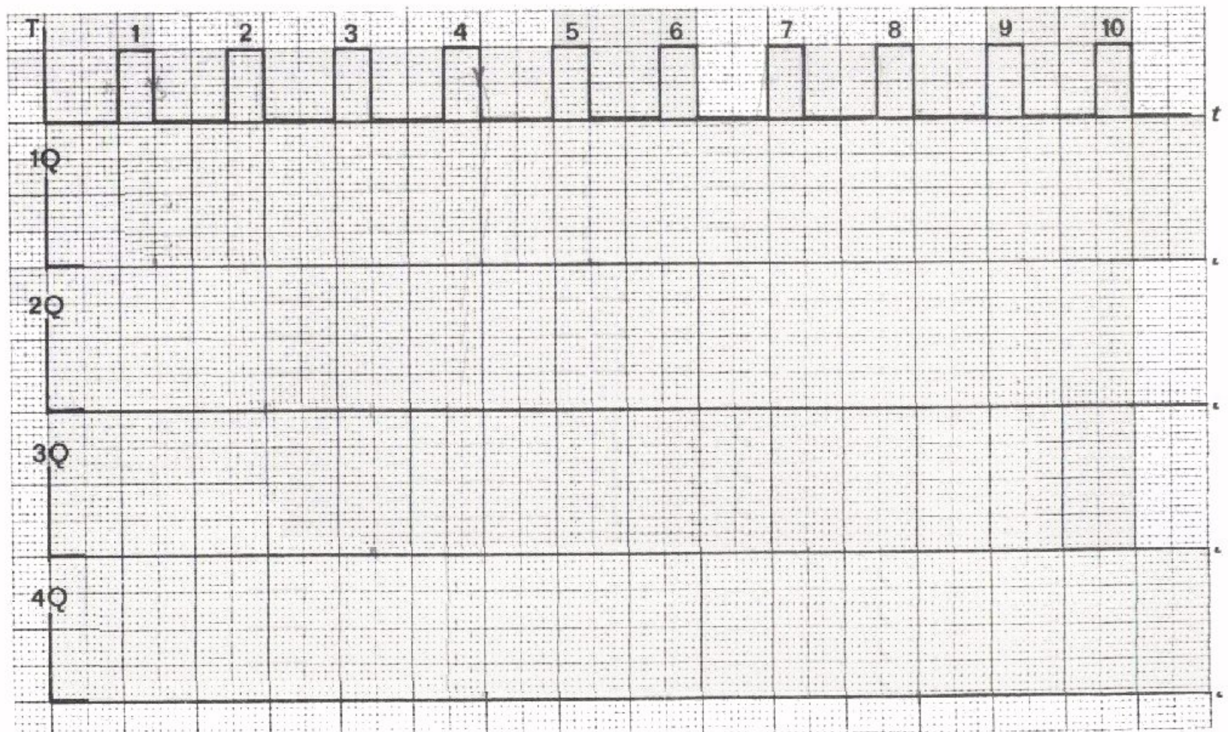
- Wijzig de schakeling op uw paneel in de schakeling zoals deze hieronder gegeven is.



- Breng door resetten van de flip flop's de begintoestand 1Q = 0, 2Q = 0, 3Q = 0 en 4Q = 0 aan.

- Voer daarna met S_A een reeks schuifimpulsen toe en controleer of de schakeling werkt zoals op het vorige blad is beschreven.

- Maak hieronder het functie-tijddiagram van de schakeling af.

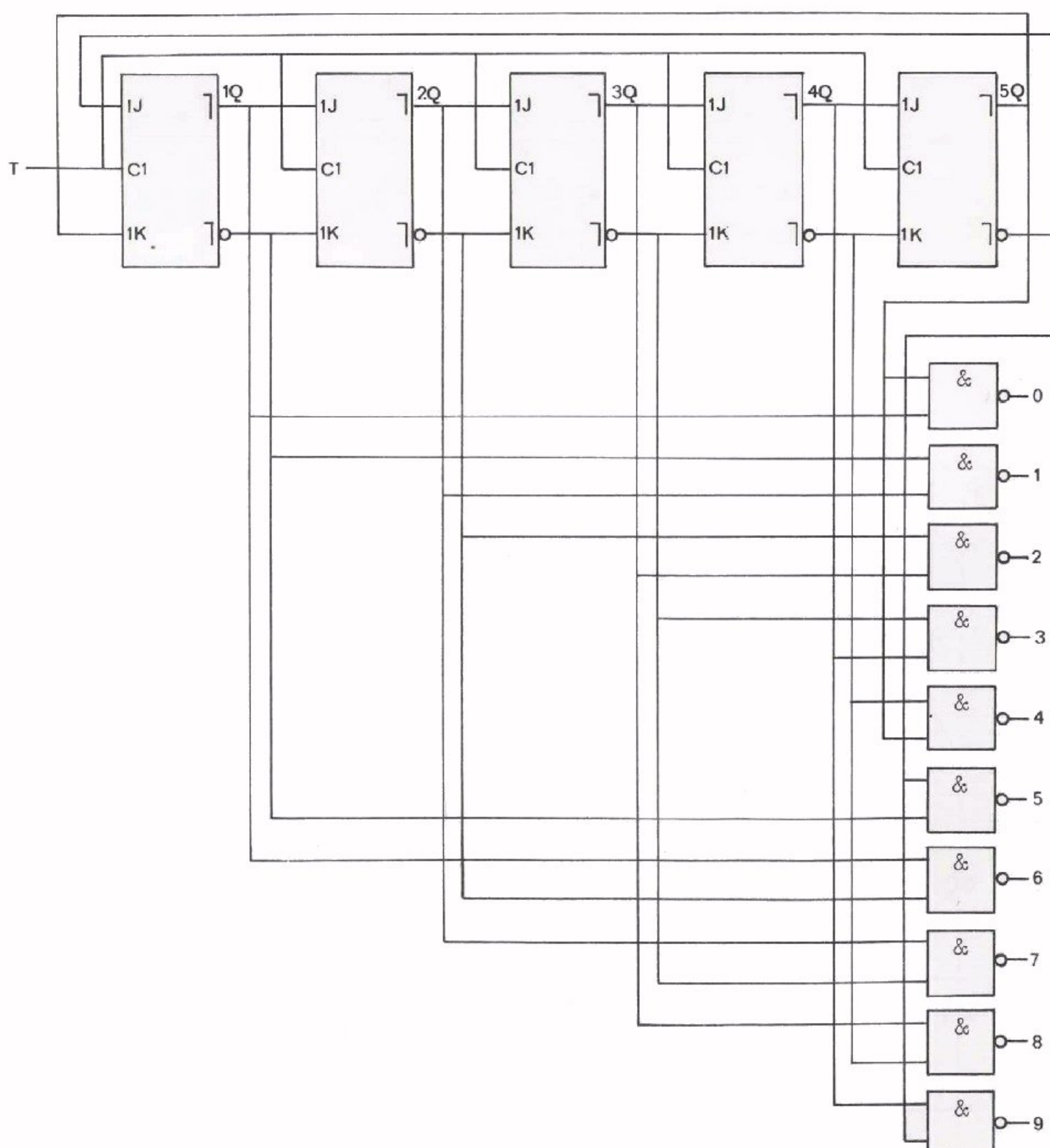


EEN TWISTED RINGCOUNTER ALS DECADE-TELLER

Een twisted ringcounter is handig als decade-teller te gebruiken.

Nadeel is dat men dan vijf in plaats van vier JK-flip flop's nodig heeft. Bovendien is dit niet de normale BCD-code, maar een andere code.

Een voordeel is dat er geen ingewikkelde extra doorverbindingen zijn terwijl de teller *synchroon* geschakeld is.
De code is dusdanig, dat er veel eenvoudiger gedecodeerd kan worden. Men heeft in de decodeerschakelingen per NAND namelijk maar 2 ingangen nodig.
Hieronder staat de decade-teller met zijn decodeerschakelingen.



1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	digit	morse code
1	1	1	1	1	0	-----
0	1	1	1	1	1	.----
0	0	1	1	1	2	..---
0	0	0	1	1	3	...--
0	0	0	0	1	4	....-
0	0	0	0	0	5	.....
1	0	0	0	0	6	-....
1	1	0	0	0	7	--...
1	1	1	0	0	8	---..
1	1	1	1	0	9	----.

De bits die voor het sturen van de NAND's van belang zijn, zijn in de toestandentabel voorzien van een cirkeltje.
Ieder aangegeven paar bits komt slechts één keer in die volgorde voor bij de betreffende uitgangen.

Een NAND met twee ingangen moet twee "enen" aan de ingangen toegevoerd krijgen om "0" door te geven.
Voor het decimale cijfer "0" komen de bits 1Q en 5Q beide "1" slechts éénmaal voor en worden aan de betreffende NAND toegevoerd.
Voor het decimale cijfer "2" moeten aan de betreffende NAND $\overline{2Q}$ en 3Q toegevoerd worden.

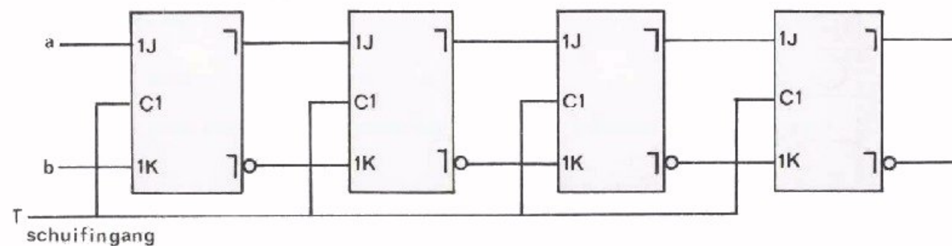
OPMERKING:

Deze code is de zogenaamde *morse-code* die telegrafisten gebruiken.
Zij seinen strepen en punten over.
Een "1" uit de toestandentabel is dan een streep, een "0" is dan een punt.
Zo is het cijfer 3 bijvoorbeeld 00011 → ...--

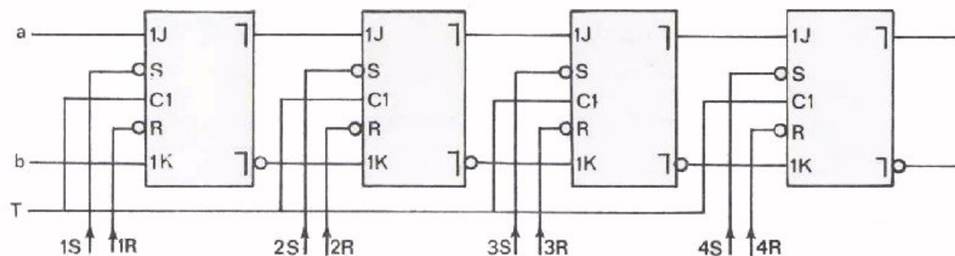
SAMENVATTING

Een *binair elektronisch register* dient om binaire informatie tijdelijk op te slaan. Het besproken *schuifregister* bestaat uit een aantal achter elkaar geschakelde master-slave JK-flip flop's.

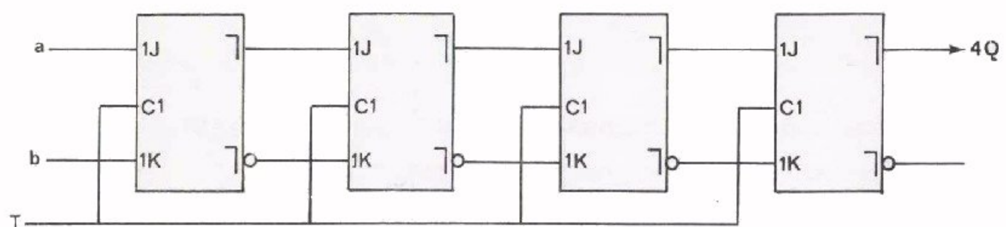
Zowel het *toevoeren* als het *afgeven* van informatie kan óf *in serie*, óf *parallel* geschieden.



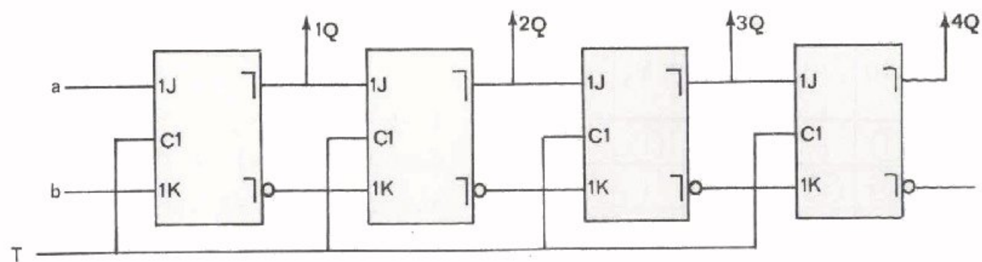
Serie-toevoer aan a en b: de ingeschoven "nullen" en "enen" schuiven per klokimpuls T een flip flop verder.



Parallel-toevoer aan de S- en R-ingangen.



Serie-afgifte geschiedt vanaf 4Q. De "enen" en "nullen" worden na elkaar afgenomen. Daarbij verdwijnt de informatie uit het register.



Parallel-afgifte vanaf 1Q, 2Q, 3Q en 4Q. Dit kan tegelijkertijd geschieden. Daarbij verdwijnt de informatie niet uit het register.

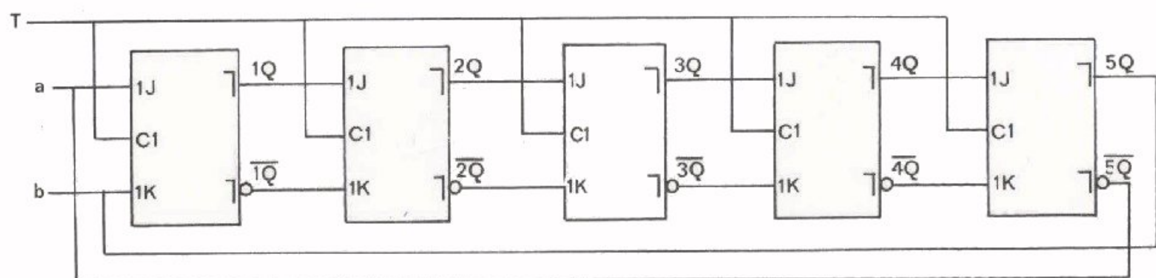
Serie toe- of afvoer heeft als voordeel dat er slechts één verbinding nodig is. Het toe- of afvoeren neemt echter meer tijd in beslag.

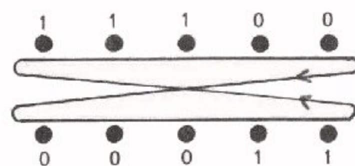
Parallel toe- of afvoer heeft als voordeel dat het snel geschiedt. Men heeft echter meerdere verbindingen nodig.

toestand na	1Q	2Q	3Q	4Q
	0	0	0	0
1e klokimpuls	1	0	0	0
2e klokimpuls	0	1	0	0
3e klokimpuls	1	0	1	0
4e klokimpuls	0	1	0	1

De functie-tabel laat duidelijk zien dat de toegevoerde "enen" en "nullen" per klokimpuls een flip flop verder schuiven.
Vandaar de naam *schuif*register.

Een *twisted ringcounter* is een schuifregister, waarvan de uitgangen 5Q en $\overline{5Q}$ "getwist" zijn doorverbonden met de ingangen a en b.





Bij de twisted ringcounter lopen de "nullen" en "enen" door het toevoeren van de klokimpulsen steeds in het rond zoals hiernaast getekend.

1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	digit
(1)	1	1	1	(1)	0
(0)	(1)	1	1	1	1
0	(0)	(1)	1	1	2
0	0	(0)	(1)	1	3
0	0	0	(0)	(1)	4
(0)	0	0	0	(0)	5
(1)	(0)	0	0	0	6
1	(1)	(0)	0	0	7
1	1	(1)	(0)	0	8
1	1	1	(1)	(0)	9

Een twisted ringcounter met 5 JK-flip-flop's kan goed als decadeteller dienst doen. Voordeel is dat de decodering in het decimale stelsel eenvoudig kan geschieden. Men heeft per NAND maar 2 ingangen nodig. Deze zijn in de tabel van een cirkeltje voorzien.

De teller werkt in *morse*-code.
Een "1" is een "streep", een "0" is een "punt".
Het cijfer 3 is 00011 → ···--

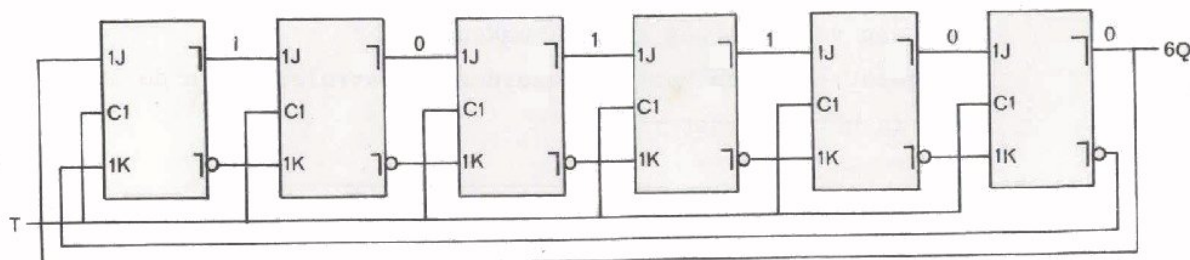
NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1. Uit 6 JK-flip flop's is een *ringcounter* samengesteld.

   Deze is *niet getwist!*



toestand na	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q
	1	0	1	1	0	0
1^e klokimpuls						
2^e klokimpuls						
3^e klokimpuls						
4^e klokimpuls						
5^e klokimpuls						
6^e klokimpuls						
7^e klokimpuls						
8^e klokimpuls						

- De begintoestand is gegeven. Vul de functietabel verder zelf in.

- Na hoeveel klokimpulsen is de begintoestand terug?

  na [ ] klokimpuls(en)

- Als men de informatie *in serie* afneemt van 6Q, gaat deze informatie

  wel / niet verloren.

2. De klokimpulsperiode van gegeven ringcounter duurt 1 μs. Hoe lang duurt het voor de informatie weer gelijk is aan de begintoestand?

   Antwoord [ ]

3. De schakeling wordt zó gewijzigd dat een twisted ringcounter ontstaat. Hoelang duurt het nu voordat de informatie eenmaal volledig rond is?

Antwoord [ ]

4. Op een verkeersweg ligt een kabel, aangesloten op een langs de weg opgesteld apparaat. Het geheel is bedoeld om vast te stellen hoeveel auto's per dag van deze weg gebruik maken.
Op gezette tijden komt een waarnemer controleren hoe de stand van de teller in het apparaat is.

De informatie wordt **in serie / parallel** toegevoerd.

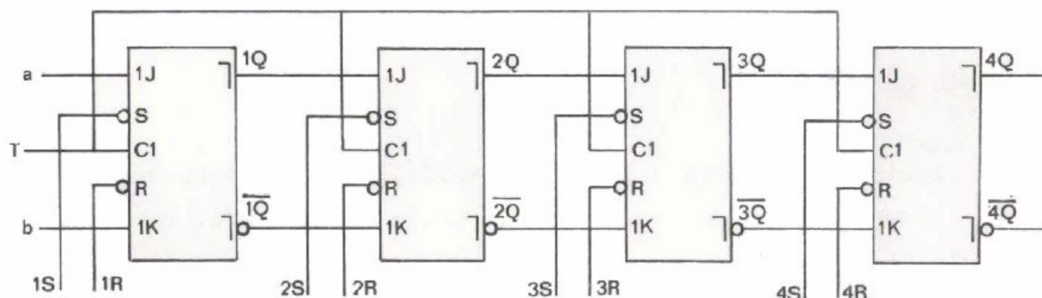
De waarnemer leest de informatie **in serie / parallel** uit.

D 27

S E R I E   A F G I F T E   V A N   I N F O R M A T I E

INLEIDING

In de vorige les is een uit master-slave JK-flip flop's samengesteld schuifregister besproken. Hierin kan binaire informatie tijdelijk worden opgeslagen.



De informatie kan parallel toegevoerd worden aan de S- en R-ingangen.
De informatie kan parallel afgenomen worden van de Q- en/of $\overline{Q}$-uitgangen.
De informatie kan ook in serie worden toegevoerd aan de a- en de b-ingangen.
Bij het gelijktijdig toevoeren van klok- of schuifimpulsen T schuift de zo in serie toegevoerde informatie aan a en b het register in.
De informatie kan tenslotte ook in serie worden afgenomen van de laatste Q- of $\overline{Q}$-uitgang. Daarbij voert men schuifimpulsen T toe, waardoor de bits stuk voor stuk aan genoemde uitgang komen om daarna verloren te gaan.

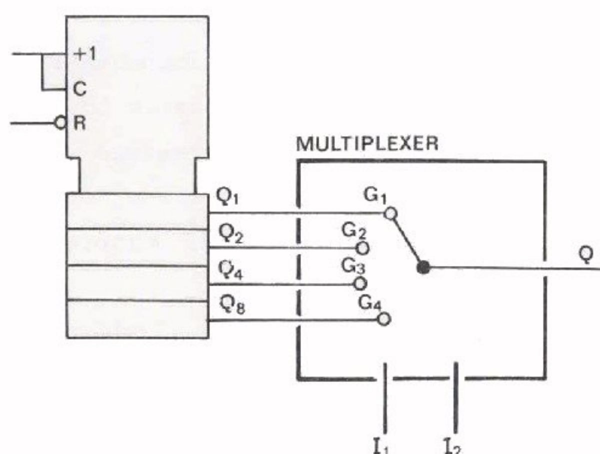
Bij het in serie afnemen van de informatie uit een schuifregister behoeft de informatie niet verloren te gaan.
Men kan de informatie bijvoorbeeld in een volgend schuifregister schuiven om hem daarin te bewaren.
Een andere manier is om het register als ringcounter te schakelen, zodat de uit het register geschoven informatie er aan de ingang weer inkomt.
De informatie blijft dan in het register zelf behouden. We hebben dit in de huiswerkoefening 1 van de vorige les gezien.

Het *in serie* afnemen van informatie komt in de praktijk zeer veel voor. Daaraan wordt deze hele les gewijd.
Eerst bespreken we de "multiplexer". Dit is een schakeling waarmee men de op verschillende punten aanwezige binaire informatie in serie van deze punten kan afnemen.
De multiplexer heeft een aantal ingangen en één uitgang.
Op elk willekeurig moment is slechts één van de ingangen met de uitgang verbonden.

Na de multiplexers worden twee soorten "volgorde-regelaars" besproken. Dit zijn schakelingen die ervoor zorgen dat een aantal handelingen in een bepaalde volgorde telkens opnieuw verricht worden. Zo bijvoorbeeld het groen-, oranje- en rood worden van verkeerslichten. Dit moet zich periodiek herhalen.

WAT DOET EEN MULTIPLEXER?

Zoals eerder vermeld dient een *multiplexer* om de op verschillende punten aanwezige binaire informatie in serie af te geven. Dit is hieronder schematisch weergegeven voor het afgeven van de informatie van 4 punten.
In dit voorbeeld zijn de 4 punten de uitgangen van een decade-teller.



Door aan de zogenaamde "keuze-ingangen I_2 en I_1 achtereenvolgens de binaire getallen 00, 01, 10 en 11 toe te voeren, wordt de uitgang Q achtereenvolgens elektronisch doorverbonden met de ingangen G_1, G_2, G_3 en G_4.

Men heeft ook multiplexers met acht "G-ingangen" en drie "keuze-ingangen". Dan worden de G-ingangen achtereenvolgens met uitgang Q verbonden door aan I_4, I_2 en I_1 toe te voeren:

keuze-ingangen I_4-I_2-I_1

000							
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8

Q doorverbonden met: G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8

Dit kan samengevat worden in een functietabel.

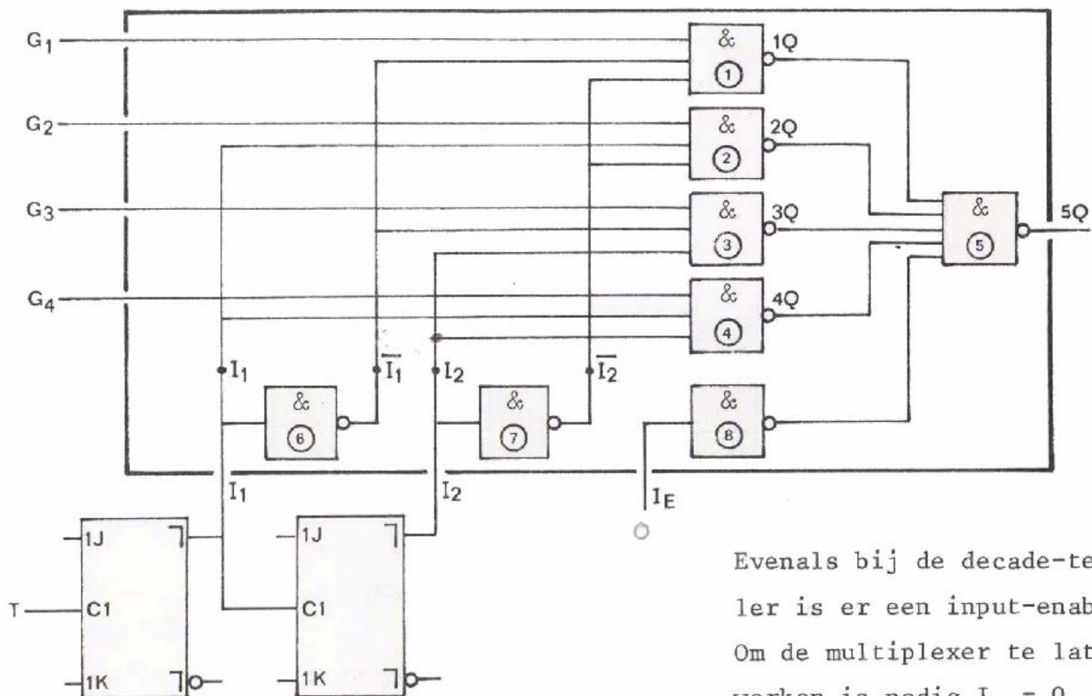
I_4	I_2	I_1	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	Q
0	0	0	0								
0	0	0	1								
0	0	1		0							
0	0	1		1							
0	1	0			0						
					1						
						0					
						1					
							0				
							1				
								0			
								1			
									0		
									1		
										0	
										1	

Maak zelf de kolommen van I_4, I_2, I_1 en Q compleet.

Opmerking:
Telkens als een G met de Q wordt doorverbonden, kan óf G = 0, óf G = 1 naar Q worden doorgegeven. Dit komt in de tabel tot uiting.

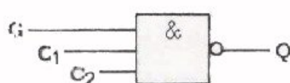
HOE VERRICHT EEN MULTIPLEXER ZIJN FUNCTIE?

Hieronder is het schema van een multiplexer met 4 G-ingangen en 2 keuze-ingangen I_1 en I_2 getekend.
De keuzesignalen I_1 en I_2 worden door een binaire teller geleverd.



Evenals bij de decade-teller is er een input-enable I_E. Om de multiplexer te laten werken is nodig $I_E = 0$.
De NAND's ⑥ en ⑦ zijn nodig om slechts twee I-ingangen te moeten gebruiken.

De aan G_1, G_2, G_3 en G_4 toegevoerde signalen worden achtereenvolgens via de NAND's ①, ②, ③ en ④ doorgegeven aan NAND ⑤.



Hiernaast is één van deze NAND's getekend. Elke NAND heeft, behalve zijn informatie-ingang G, nog twee commando-ingangen C_1 en C_2.

Het signaal op de G-ingang komt geïnverteerd op de uitgang Q als beide commando-ingangen C_1 en C_2 niveau "1" hebben. Door $C_1 = 0$ of $C_2 = 0$ wordt de NAND geblokkeerd.
Door nu eerst aan beide C-ingangen van ① een "1" toe te voeren, daarna aan die van ②, enzovoort, zorgt men ervoor dat achtereenvolgens de signalen van G_1, G_2, G_3 en G_4 "geïnverteerd" naar de ingang van ⑤ worden doorgegeven.

OEFENING

- Veronderstel $G_1 = 0$.
  Stel beide C-ingangen van ① zijn "1"; 1C1 = 1 ($\overline{I_1} = 1$) en 1C2 = 1 ($\overline{I_2} = 1$). Op dit moment heeft elk van de andere NAND's, tenminste één ingang C op 0-niveau.
  Wat is de ingangstoestand die ⑤ krijgt aangeboden?

  1Q = ☐ 2Q = ☐ 3Q = ☐ 4Q = ☐

  Wat wordt de uitgangstoestand van ⑤ als $I_E = 0$. 5Q = ☐

- Veronderstel vervolgens $G_1 = 1$.
  Met dezelfde toestanden op alle C-ingangen volgt nu:

  1Q = ☐ 2Q = ☐ 3Q = ☐ 4Q = ☐ en dus 5Q = ☐

  Conclusie:
  Het signaal dat op G_1 wordt aangeboden komt

geïnverteerd / niet geïnverteerd op 5Q gedurende de tijd dat $\overline{I_1} = 1$ en $\overline{I_2} = 1$.

We hebben gezien dat door beide commando-ingangen bij de betreffende signaalingang "1" te maken, de aan deze signaalingang toegevoerde informatie bij de multiplexeruitgang 5Q komt.

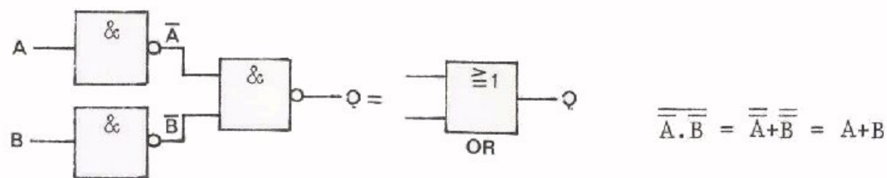
OPMERKING 1:

Aan de NAND's ①, ②, ③ en ④ moeten op 4 verschillende momenten twee "enen" toegevoerd worden. Dit kan vanuit de binaire teller met vier master-slave JK-flip flop's.

I_2	I_1	$\overline{I_2}$	$\overline{I_1}$	
0	0	1	1	→ $\overline{I_1}$ en $\overline{I_2}$ aan ① toevoeren
0	1	1	0	→ I_1 en $\overline{I_2}$ aan ② toevoeren
1	0	0	1	→ $\overline{I_1}$ en I_2 aan ③ toevoeren
1	1	0	0	→ I_1 en I_2 aan ④ toevoeren

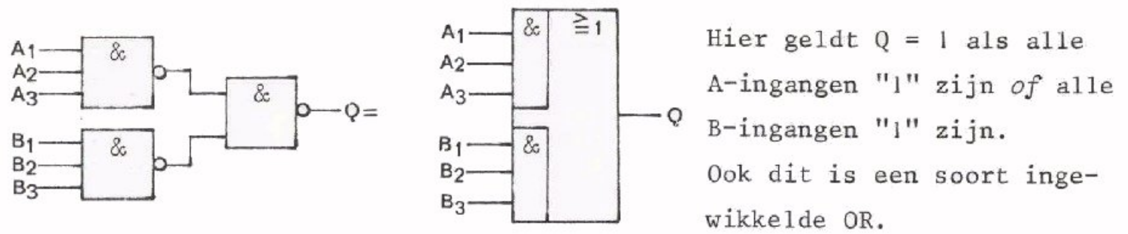
Controleer zelf de verbindingen naar de C-ingangen in het schema op blad 4.

OPMERKING 2:



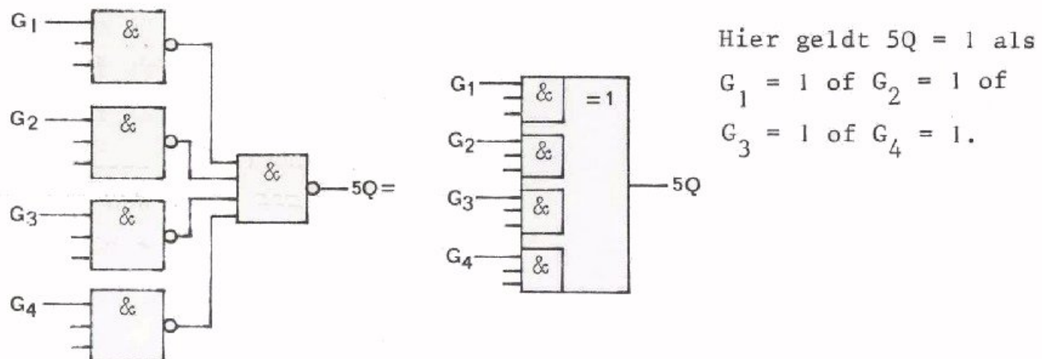
$\overline{\overline{A}.\overline{B}} = \overline{\overline{A}}+\overline{\overline{B}} = A+B$

Heeft elk van de NAND's meer dan één ingang, dan ontstaat het onderstaande.



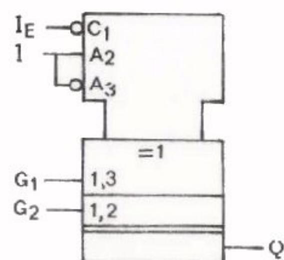
Hier geldt Q = 1 als alle A-ingangen "1" zijn *of* alle B-ingangen "1" zijn.
Ook dit is een soort ingewikkelde OR.

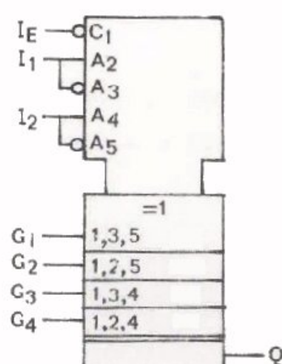
De multiplexer-schakeling kan men nu als een "ingewikkelde exclusieve OR" zien.

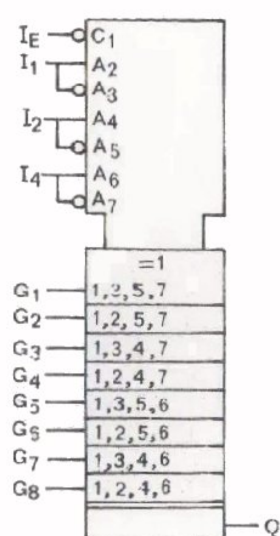


Hier geldt 5Q = 1 als $G_1 = 1$ of $G_2 = 1$ of $G_3 = 1$ of $G_4 = 1$.

SYMBOOL VAN MULTIPLEXERS







Met één flip flop zijn $2^1 = 2$ toestanden mogelijk.
Daarom kan 1 flip flop een multiplexer met 2 G-ingangen bedienen.
Voor de bediening is één I-ingang aanwezig.

Met 2 flip flop's zijn $2^2 = 4$ toestanden mogelijk.
Daarom kan een binaire teller met 2 flip flop's een multiplexer met 4 G-ingangen bedienen.
Voor de bediening zijn 2 I-ingangen aanwezig.

Met 3 flip flop's zijn $2^3 = 8$ toestanden mogelijk.
Daarom kan een binaire teller met 3 flip flop's een multiplexer met 8 G-ingangen bedienen. Voor de bediening zijn 3 I-ingangen aanwezig.

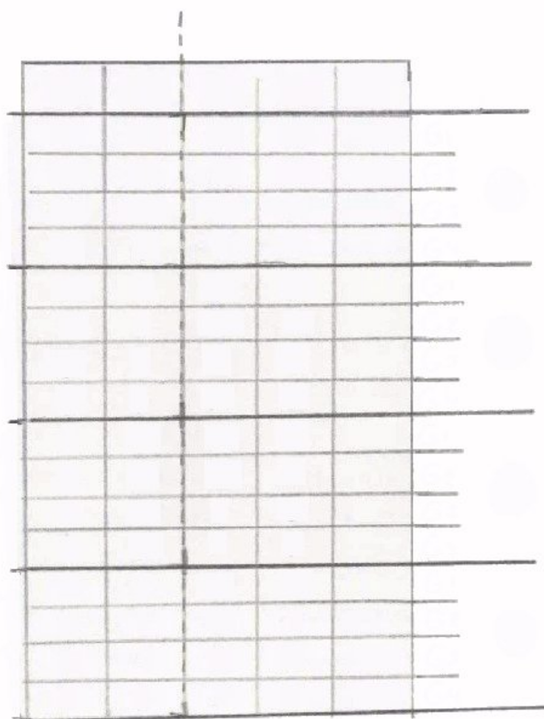
Hierboven ziet u tevens voor het eerst de voor multiplexers gebruikelijke symbolen. Soms laten wij de letters en cijfers binnen het symbool weg om het kleiner te kunnen tekenen. Dit is dan nodig om de afmetingen van een schema te beperken.

Met "=1" wordt aangeduid dat telkens één ingang G met uitgang Q doorverbonden is.
Verder staan bijv. bij ingang G_7 de cijfers 1, 3, 4 en 6.
Dit betekent dat de ingang G_7 doorverbonden is met Q als de ingangen 1, 3, 4 en 6 elk "1" zijn; dan moet dus gelden $I_E = 0$, $I_1 = 0$, $I_2 = 1$ en $I_4 = 1$.

Beschikt men bijvoorbeeld over multiplexers met slechts 4 ingangen en moet men meer dan 4 signalen in serie afgeven, dan kan dit door multiplexers te combineren.

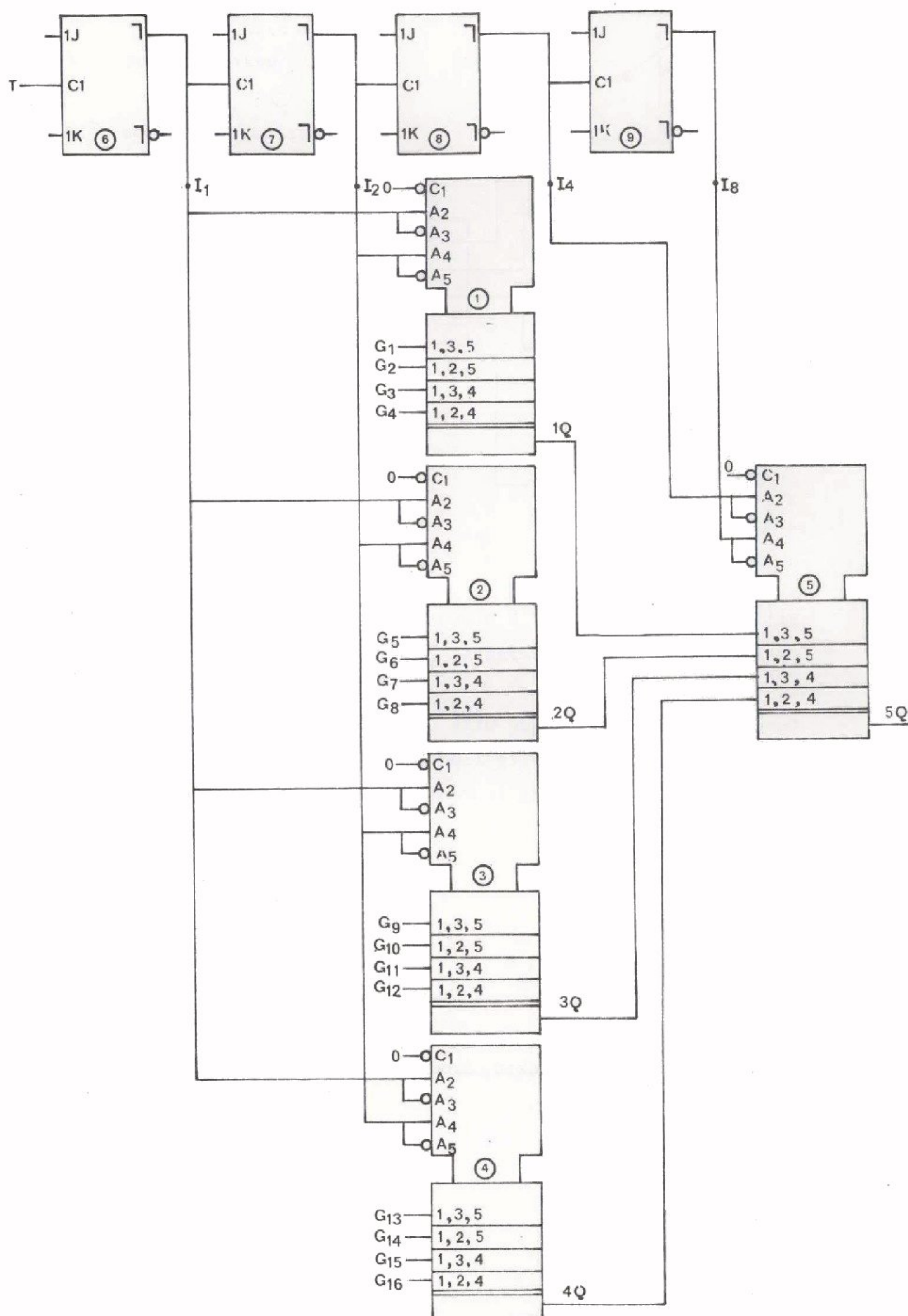
Ook voor combinaties geldt dat om 2^n G-ingangen te commanderen een binaire teller met n flip flop's nodig is.

Op volgend blad staat een voorbeeld van een multiplexer-combinatie waarmee 16 ingangssignalen in serie afgegeven kunnen worden.

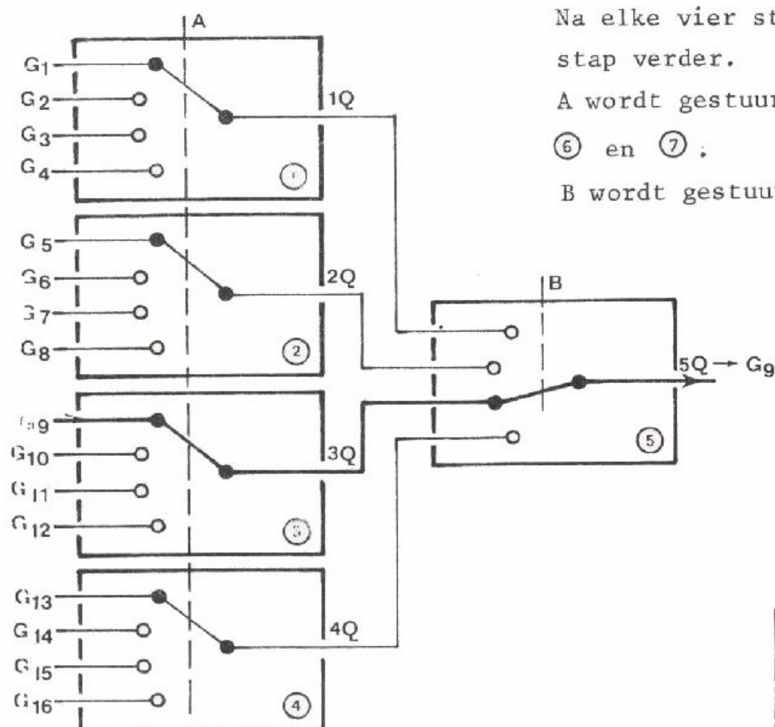


HET COMBINEREN VAN MULTIPLEXERS

Hier is een combinatie van multiplexers getekend waarmee 16 ingangssignalen in serie afgenomen kunnen worden.



Het principe van het combineren van multiplexers van vorig blad is hieronder met schakelaars aangegeven.



Na elke vier stappen van A gaat B één stap verder.
A wordt gestuurd door de flip flop ⑥ en ⑦.
B wordt gestuurd door ⑧ en ⑨.

Bij het schema van blad 9 behoort de functie-tabel die hiernaast staat afgebeeld.
Deze tabel behoort bij de uitgangen van de vier JK-flip flop's, die de vijf multiplexers sturen.

I_8	I_4	I_2	I_1
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1

De schakeling wordt zo gestuurd dat *achtereenvolgens*:

- de informatie van G_1, G_2, G_3 en G_4 in deze volgorde op 1Q komt en dan aan 5Q wordt doorgegeven,
- de informatie van G_5, G_6, G_7 en G_8 in deze volgorde op 2Q komt en dan ook op 5Q ter beschikking komt,
- de informatie van G_9, G_{10}, G_{11} en G_{12} komt op 3Q en op 5Q,
- de informatie van G_{13}, G_{14}, G_{15} en G_{16} komt op 4Q en op 5Q ter beschikking.

Op 5Q komt zo in serie de informatie ter beschikking die parallel op G_1 t/m G_{16} aanwezig is.

MULTIPLEXERS IN IC-UITVOERING

Men heeft multiplexers in IC-vorm uitgevoerd.

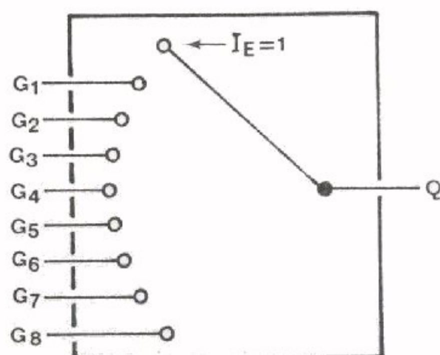
Voorbeelden zijn:

9312 één multiplexer met 8 ingangen en uitgangen Q en $\overline{Q}$.

9322 vier multiplexers met elk 2 ingangen en één uitgang.

9309 twee multiplexers met elk 4 ingangen en uitgangen Q en $\overline{Q}$.

Behalve de G-ingangen en de keuze-ingang(en) heeft een multiplexer vaak een blokkeer-ingang I_E (input enable). Alléén als $I_E = 0$, kan de informatie op de andere ingangen doorverbonden worden met de uitgang.
Verder beschikt men soms behalve over een uitgang Q, ook nog over een inverse uitgang $\overline{Q}$ met tegengesteld signaal.



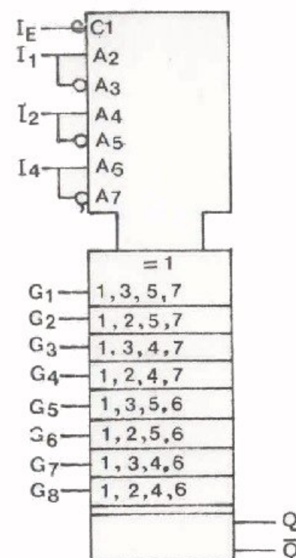
Ter verduidelijking is hiernaast getekend wat de multiplexer 9312 elektronisch kan doen:

- één van de ingangen met de uitgang Q verbinden óf
- géén van de uitgangen met Q verbinden als $I_E = 1$ is.

Functie-tabel van 9312

I_E	I_4	I_2	I_1	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	Q	$\overline{Q}$
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1
0	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	0	1
0	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	1	0
0	0	0	1	x	0	x	x	x	x	x	x	0	1
0	0	0	1	x	1	x	x	x	x	x	x	1	0
0	0	1	0	x	x	0	x	x	x	x	x	0	1
0	0	1	0	x	x	1	x	x	x	x	x	1	0
0	0	1	1	x	x	x	0	x	x	x	x	0	1
0	0	1	1	x	x	x	1	x	x	x	x	1	0
0	1	0	0	x	x	x	x	0	x	x	x	0	1
0	1	0	0	x	x	x	x	1	x	x	x	1	0
0	1	0	1	x	x	x	x	x	0	x	x	0	1
0	1	0	1	x	x	x	x	x	1	s	s	1	0
0	1	1	0	x	x	x	x	x	x	0	x	0	1
0	1	1	0	x	x	x	x	x	x	1	x	1	0
0	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1
0	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	1	1	0

Symbool van de 9312



Hierboven is de functietabel gegeven. Met x geven we aan dat het er niet toe doet of de toestand "0" of "1" is. De x noemt men wel de "don't care" (uitgesproken: "doont ke-u"). Dit is de Engelse uitdrukking voor "doet er niet toe".

VOLGORDE-REGELAARS

Onder een *cyclus* verstaat men een aantal gebeurtenissen, die al of niet in dezelfde volgorde steeds herhaald worden.

Neem bijvoorbeeld het automatisch vullen van flessen vanuit een tank in een azijnfabriek.
De gebeurtenissen herhalen zich daarbij steeds:
- een volle fles wordt met een lopende band doorgeschoven en de volgende lege fles wordt aangevoerd,
- is de lege fles onder de vulkraan gekomen, dan wordt de lopende band stilgezet,
- de vulkraan wordt geopend,
- zodra de fles vol is wordt de vulkraan gesloten en de lopende band schuift weer door.

Als de tank nog vol is, staat er veel druk achter de uitstromende azijn.
Dan neemt het vullen van een fles weinig tijd.
Als de tank bijna leeg is, staat er veel minder druk achter de azijn.
Dan kost het vullen van een fles meer tijd.

We merken op dat in het voorbeeld de gebeurtenissen niet steeds evenlang duren. Het vullen gaat steeds meer tijd kosten.
Omdat echter dezelfde gebeurtenissen in dezelfde volgorde plaats vinden, spreekt men van een *vaste cyclus*.
Is dat niet het geval, dan spreekt men van een *wisselende cyclus*.

Het kan ook voorkomen dat elk van de gebeurtenissen telkens wél evenlang duurt. In dat geval spreekt men van een *cyclus met vaste deeltijden*.
Een voorbeeld van een cyclus met vaste deeltijden treft men aan bij automatisch bediende verkeerslichten.
Zijn de deeltijden niet vast, dan spreekt men van een *cyclus met variabele deeltijden*.

Is de totaaltijd van een cyclus steeds even groot, dan heeft men een *vaste cyclus tijd*.

VRAAG:

Gebeurt het automatisch bedienen van de sluitbomen, waarschuwingslichten en bellen van een beveiligde spoorwegovergang met een vaste- of met een niet-vaste cyclus.

Antwoord: **vaste / niet-vaste cyclus**

Is de cyclustijd hierbij vast of variabel?

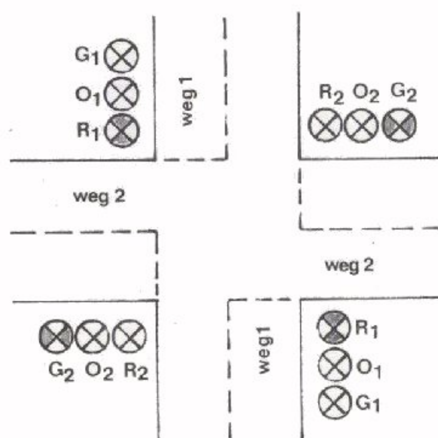
Antwoord: **vaste / variabele cyclustijd**

Is de deeltijd hierbij vast of variabel?

Antwoord: **vaste / variabele deeltijd**

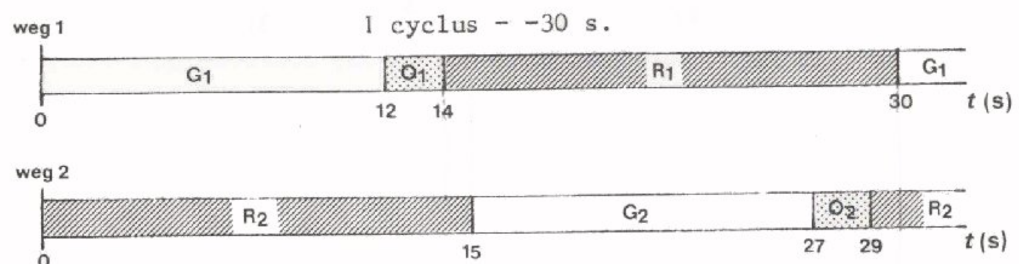
Het komt in de techniek veel voor dat een aantal handelingen steeds in dezelfde volgorde herhaald moeten worden. Men heeft dan behoefte aan een zogenaamde *volgorde-regelaar*. Dit is een schakeling die de volgorde in de cyclus bepaalt.
De schakeling dient om de bevelen *in serie* af te geven.

VOLGORDE-REGELAAR MET VASTE CYCLUSTIJD



Als voorbeeld van de regeling met een vaste cyclus nemen we de verkeerslichtenregeling bij een kruispunt.
We veronderstellen dat de wegen even druk zijn, zodat de verkeerslichten voor de twee wegen telkens evenlang groen blijven.

De twee groene lampen G_1 worden gelijktijdig bediend. Net zo worden de andere paren lampen gelijktijdig bediend.
In onderstaande grafieken is weergegeven wanneer en hoe lang de verschillende lampen-paren branden.

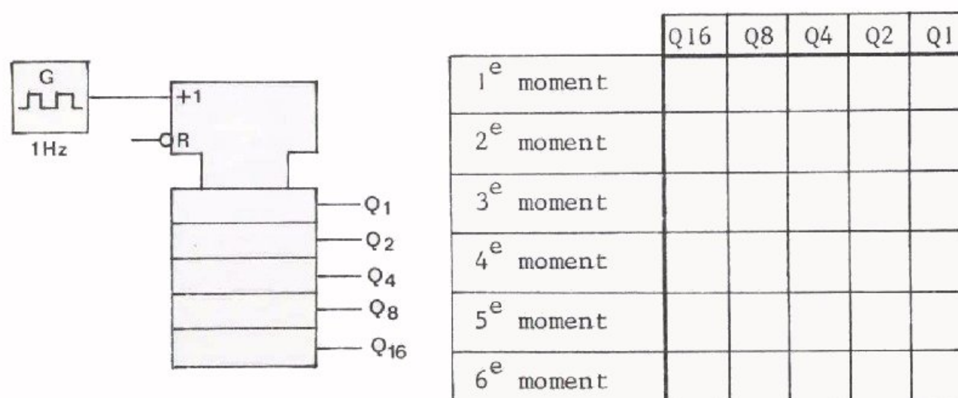


De groene lichten G_1 blijven telkens 12 s aan. Daarna branden de oranje lichten 01 gedurende 2 s. Vervolgens de rode lichten R_1 gedurende 16 s. Hetzelfde geldt voor de lichten van weg 2.
Bovendien branden de rode lichten van beide wegen telkens na het doven van een paar oranje lichten gedurende 1 s gezamenlijk. Dit geschiedt uit veiligheidsoverwegingen.
Een totale cyclus voor dit kruispunt duurt 30 s.
Het is de bedoeling dat per cyclus op *zes* bepaalde momenten opdrachten worden gegeven voor het uit- en aangaan van lampen. Deze momenten zijn

s,	s,	s,	s,	s,	s,

na het tijdstip t = 0 (raadpleeg de grafieken op pagina 13).
De signalen voor deze opdrachten kunnen verkregen worden met een binaire teller, die tot en met dertig impulsen kan tellen. Er is daarbij een generator G nodig die elke seconde een impuls aan de teller toevoert.

Na 12, 14, 15, 27, 29 en 30 s, zoals op het vorig blad gegeven is, moeten door de teller de volgende binaire getallen verstrekt worden:

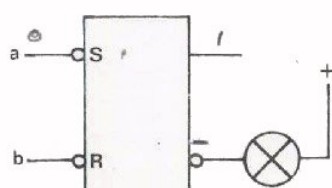


	Q16	Q8	Q4	Q2	Q1
1e moment					
2e moment					
3e moment					
4e moment					
5e moment					
6e moment					

Vul de tabel zelf in.

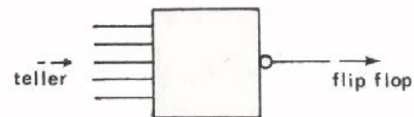
Deze binaire getallen zijn de signalen waarmee de opdrachten gegeven moeten worden.

Elk stel lampen kan óf aan-, óf uitgeschakeld worden met behulp van een SR-flip flop bestaande uit twee NAND's.



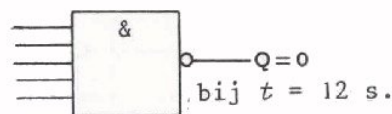
- De lampen gaan aan door [a / b] van "1" naar "0" te schakelen.
- De lampen gaan uit door [a / b] van "1" naar "0" te schakelen.

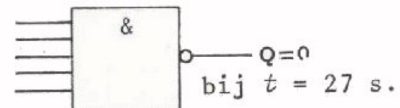
De zes binaire getallen van de teller moeten elk via een NAND gedecodeerd worden tot een signaal "0", dat de flip flop's kan setten of resetten.

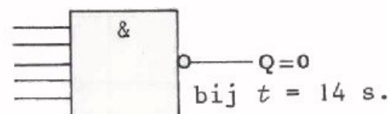


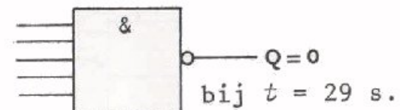
Deze zes NAND's vormen zo de benodigde *decodeerschakeling*.
Elke NAND moet vijf "enen" aangeboden krijgen om een "0" af te geven.
Als een binair getal een "0" bevat, moet men een "1" van de geïnverteerde Q-uitgang afnemen.

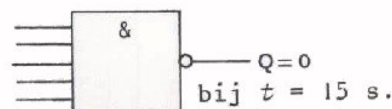
Geef bij de ingangen van de hieronder getekende NAND's aan welke uitgangen van de teller aan de ingangen van de NAND's worden toegevoerd.

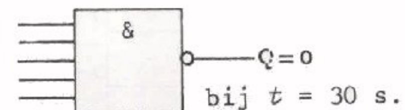








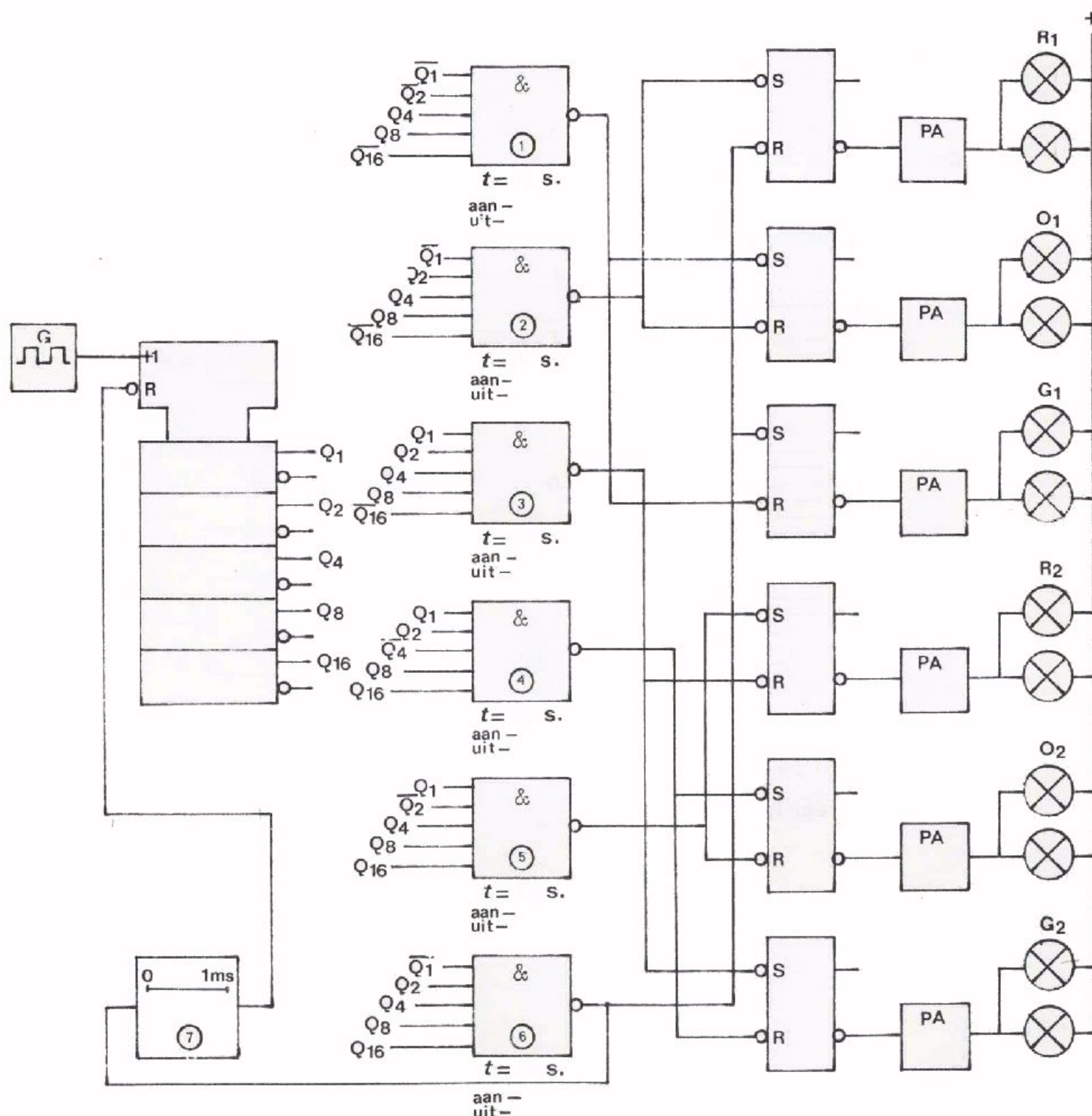




Op volgend blad is de complete schakeling getekend voor de genoemde verkeers-lichten-regeling.

VERKEERSLICHTEN REGELING

Hieronder is de schakeling getekend voor de eerder genoemde verkeerslichten-regeling.
Omdat een SR-flip flop niet rechtstreeks lampen kan sturen, wordt dit via een relais, of een vermogensversterker (PA-power-amplifier) gedaan.



De verbindingen tussen de binaire teller en de ingangen van de NAND's zijn weggelaten om het geheel overzichtelijker te maken. Bij de NAND's zijn nu de punten aangegeven waarmede ze verbonden moeten worden.

Controleer en vermeld bij elke NAND het moment waarop deze uitsluitend "enen" krijgt toegevoerd.

Controleer en vermeld tevens welke lampen uit- en ingeschakeld worden door de verschillende NAND's.

Waartoe dient de timer-unit (7) ?

____

____

____

____

VOLGORDE-REGELING MET TERUGMELDING

Het eerste voorbeeld, de verkeerslichtenregeling, betrof een vaste cyclus met vaste deeltijden. Daarbij lag voor elke handeling de tijdsduur vast. In de praktijk heeft men echter vaak te doen met zich herhalende reeksen handelingen, waarbij de duur van een of meer gebeurtenissen dan weer eens kort, dan weer eens wat langer moet zijn. Denk maar aan het reeds vermelde vullen van flessen uit een tank met azijn. Als de tank vol is geschiedt het sneller dan wanneer de tank bijna leeg is.

Is een cyclusdeeltijd variabel dan laat men aan het eind van deze gebeurtenis een terugmelding plaats vinden die de gebeurtenis beëindigt en het volgend deel van de cyclus start. In het voorbeeld van de azijnflessen betekent dit, dat men een opnemer laat waarnemen dat een fles ver genoeg gevuld is. Als het zover is, geeft de opnemer een impuls die de opdracht tot het sluiten van de vulkraan geeft.

We bespreken nu een vaste cyclus met variabele deeltijden, die bestaat uit het automatisch mengen van twee vloeistoffen in een pharmaceutische fabriek.

De cyclus omvat volgende handelingen:

- Een maatbeker wordt gevuld uit een groot vat met een onverdunde vloeibare medicijn. Onverdunde vloeistof duidt men kortweg aan als "concentraat".
  Zodra de maatbeker vol is, moet een terugmelding plaats vinden die opdracht geeft tot het sluiten van de vulkraan.

- De maatbeker wordt geledigd in een mengvat.
  Het ledigen duurt telkens even lang.

- Het mengvat wordt vanuit een tank bijgevuld met gedistilleerd water.
  Evenals bij de maatbeker moet ook hier een terugmelding zijn zodra het mengvat voldoende is bijgevuld.

- Het mengsel wordt verwarmd tot 80° C en het wordt ondertussen geroerd.
  De benodigde opwarmtijd hangt onder anderen af van de omgevingstemperatuur. Daarom is terugmelding nodig van het bereiken van 80° C.

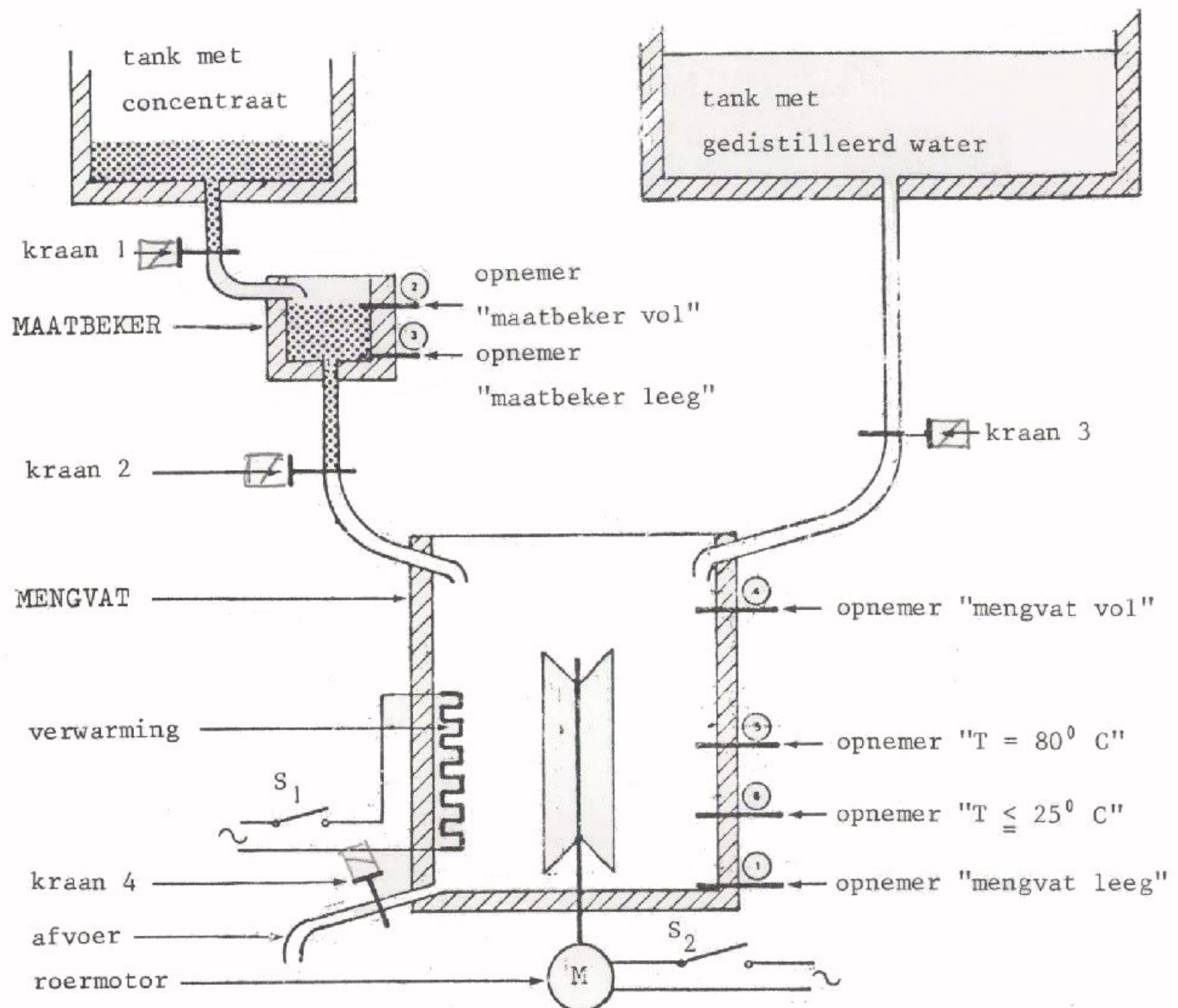
- Al roerend wordt het mengsel gekoeld tot 25° C.
  Ook hierbij is terugmelding aan het eind nodig.

- Tot slot wordt het mengvat geledigd in een reservoir, van waaruit naderhand flessen gevuld kunnen worden.
  De voor het ledigen benodigde tijd is steeds even lang.

HET MENG-PROCES

We hebben gezien dat een cyclus is samengesteld uit zes handelingen.
Bij vier handelingen moet aan het eind teruggemeld worden dat de handeling voltooid is.
In de praktijk is het handig om aan het eind van elke handeling een terugmelding te geven.
De terugmeldingen worden door middel van opnemers verkregen.
Deze melden dat de commando's om de volgende handelingen te laten beginnen gegeven kunnen worden.

Hieronder vindt u een schematisch overzicht van het mengproces.



In de wand van de *maatbeker* bevinden zich twee opnemers.

(2)- Eén voor het melden: "de maatbeker is vol".
Daarna moet kr 1 gesloten worden en dan mag pas kr 2 geopend worden.

(3)- Eén voor het melden: "de maatbeker is leeg".
Daarna moet kr 2 gesloten worden en mag pas kr 3 open.

In de wand van het *mengvat* zitten vier opnemers.

(1)- Eén voor het melden: "het vat is voldoende bijgevuld met gedistilleerd water".
Daarna moet kr 3 gesloten worden, waarbij tevens met S_1 de verwarming en met S_2 de roermotor ingeschakeld wordt.

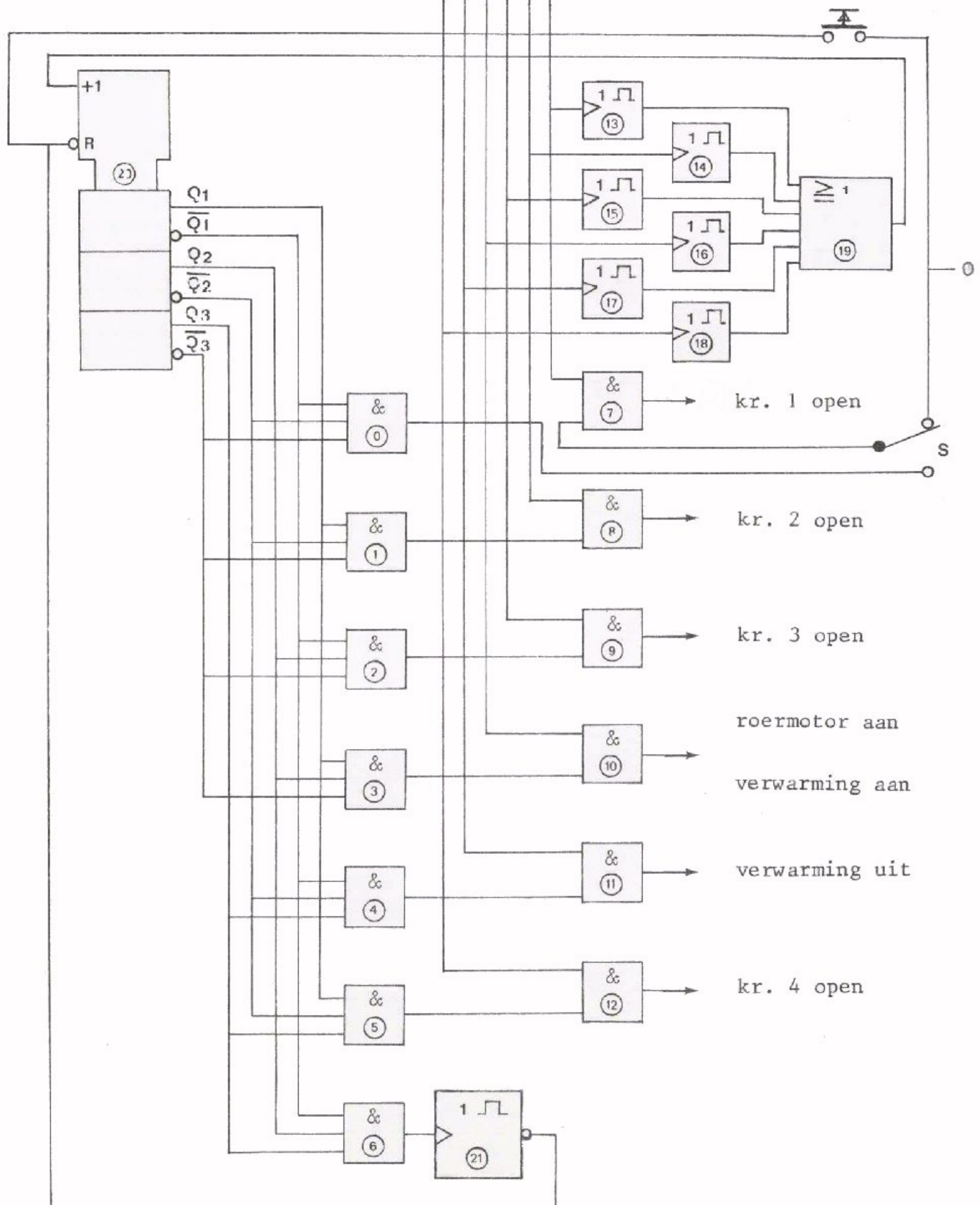
(5)- Eén voor het melden: "de temperatuur van 80^0 C is bereikt".
Hierna moet de verwarming uitgeschakeld worden, zodat de vloeistof kan afkoelen.

(4)- Eén voor het melden: "de temperatuur is 25^0 C".
Daarna moet de roermotor uitgeschakeld worden en kr 4 geopend.

(1)- Eén voor het melden: "het mengvat is leeg".
Dan moet kr 4 gesloten worden en kr 1 weer geopend.

- De cyclus wordt dan weer opnieuw gestart.

Op blad 22 staat een schakeling getekend, waarbij het mogelijk is het proces elektronisch te regelen.


opnemer 1: mengvat leeg
opnemer 2: maatbeker vol
opnemer 3: maatbeker leeg
opnemer 4: mengvat vol
opnemer 5: temperatuur ≧ 80°
opnemer 6: temperatuur ≦ 25°
kr. 4 dicht
kr. 1 dicht
kr. 2 dicht
kr. 3 dicht
roermotor uit
+1
R
Q1
Q2
Q3
≧1
0
S
kr. 1 open
kr. 2 open
kr. 3 open
roermotor aan
verwarming aan
verwarming uit
kr. 4 open

WERKING VAN DE VOLGORDE-REGELAAR MET TERUGMELDING

Een *volgorde-regelaar* moet aan de volgende eisen voldoen:
- De handelingen die achter elkaar plaats moeten vinden, mogen uitsluitend in de vooraf bepaalde volgorde plaats vinden.
- Elke handeling mag pas beginnen nadat de vorige handeling beëindigd is.

In het voorbeeld van blad 22 wordt dit gerealiseerd door:
- Een teller (20) die de volgorde van de handelingen vast legt.
- De AND's (7) t/m (12) die ervoor zorgen dat een handeling pas verricht wordt nadat de voorafgaande beëindigd is.

Stel b.v. dat kraan 1 geopend is, waardoor de maatbeker volloopt.
Opnemer 2 geeft een signaal "1" zodra de maatbeker vol is.
Kraan 1 wordt nu gesloten; bovendien krijgt AND (8) deze "1" toegevoerd ten teken dat de vorige handeling afgelopen is.
De ingang van de "one shot (14)" verandert van "0" in "1", waardoor de one shot een impuls afgeeft aan de teller (20) en deze hierdoor één verder telt.
Nu krijgt AND (8) op zijn 2e ingang via AND (1) een "1" toegevoerd en wordt via AND (8) kraan 2 geopend.

Soms geven meerdere opnemers een "1" af (b.v. "maatbeker leeg" en "mengvat vol"), terwijl het de bedoeling is dat een opnemer een te tellen impuls veroorzaakt, zodra zijn informatie van "0" naar "1" gaat. Dit is gerealiseerd door elke opnemer te verbinden met een one shot met dynamische ingang. De uitgangen worden dan verbonden met een OR (19).

Met drukknop D wordt de teller (20) gereset voordat de cyclus op gang gebracht wordt.
De cyclus wordt gestart door schakelaar S om te zetten.
Deze cyclus wordt geheel doorlopen en blijft zich herhalen.
Alléén als S weer teruggezet word, dan zal de cyclus aan het eind van zijn handeling stoppen.

In de oefening op volgend blad gaan we de cyclus nog een keer doorlopen en controleren zelf of we de werking begrijpen.

OEFENING: WERKING VOLGORDE-REGELAAR

- Stel S is geopend en de schakeling is geruime tijd niet gebruikt.

  Het *mengvat* is **vol / leeg**

- Men drukt even op drukknop D.

  De teller wordt **geset / gereset**

- S wordt gesloten.

  De ingangen van AND (7) worden beiden **0 / 1** en de uitgang wordt **0 / 1** , waardoor kraan .... en maatbeker ....

- Als de *maatbeker* vol is, wordt door opnemer ☐ de kraan ☐ **open / dicht** en aan AND (8) een **0 / 1** toegevoerd.

  De one shot (14) geeft een impuls aan ☐ , die deze doorgeeft aan ☐ , waardoor deze in de stand ☐ komt. Hierdoor wordt de uitgang van AND (1) **0 / 1** en deze wordt toegevoerd aan AND (8)

  De uitgang van AND (8) wordt hierdoor **0 / 1** en kraan ☐ gaat **open / dicht** . De maatbeker ☐ .

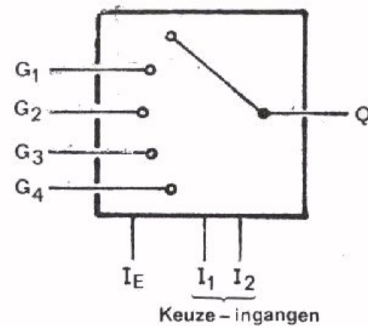
- Loop de cyclus verder door en vul daarbij de tabel van blad 25 in.
  Voor de ingangen van de AND's (0) t/m (6) alléén die gevallen invullen waarbij alle drie de ingangen "1" zijn.
  Bij het invullen van nullen en enen van de ingangen van een blok, met de bovenste ingang en neem daarna de volgende in de volgorde van boven naar beneden.

TABEL VOLGORDE REGELAAR MET TERUGMELDING

	teller stand	ingangen van AND: (0)	. (1)	. (2)	. (3)	. (4)	. (5)	. (6)	ingangen van AND: (7)	. (8)	. (9)	. (10)	. (11)	. (12)	ingangen van (19)
D gebruikt bij S open	000								10	00	10	00	00	10	000000
S is gesloten															
beker wordt gevuld															
beker is vol															
beker loopt leeg															
beker is leeg															
water wordt toegevoegd															
mengvat is vol															
verwarming werkt.															
80^0 is bereikt															
mengsel koelt af															
25^0 is bereikt															
mengvat loopt leeg															
mengvat is leeg															
10 ms. later															
beker wordt gevuld															

SAMENVATTING

- Een *multiplexer* dient om de op verschillende punten aanwezige binaire informatie *in serie* af te geven.
Deze informatie wordt aan de G-ingangen toegevoerd.
Het doorgeven naar uitgang Q geschiedt door aan de keuze-ingangen I de binaire getallen 00, 01, 10 en 11 toe te voeren. Bovendien moet de I_E-ingang de vereiste "0" verkrijgen.

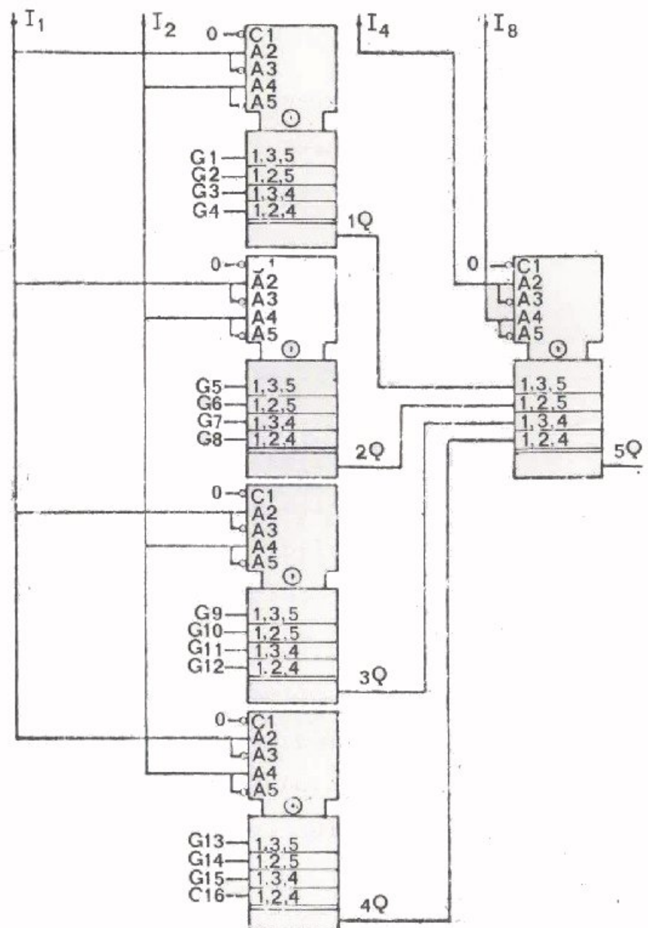


- Hiernaast de functietabel van een multiplexer met vier G-ingangen.
De bits "die er niets toe doen" (de "don't cares") zijn niet ingevuld.

I_E	I_2	I_1	G_1	G_2	G_3	G_4	Q
1	0	0					0
0	0	0	0				0
0	0	0	1				1
0	0	1		0			0
0	0	1		1			1
0	1	0			0		0
0	1	0			1		1
0	1	1				0	0
0	1	1				1	1

- Door multiplexers te combineren zijn een groter aantal ingangssignalen in serie af te geven.

  De keuze-ingangen moeten door een binaire teller van signalen worden voorzien.
  Voor 2^n ingangen is een teller van n JK-flip flop's nodig.



VOLGORDE-REGELAARS

- Veel processen in de techniek bestaan uit een reeks handelingen, die al of niet in dezelfde volgorde steeds herhaald worden.
  Zo'n reeks handelingen noemt men een *cyclus*.

- Is de volgorde van de handelingen van een cyclus steeds dezelfde (daarbij worden *alle* handelingen telkens verricht) dan spreekt men van een *vaste cyclus*.

- Is de tijdsduur voor elk van de handelingen constant, dan spreekt men van een cyclus met *vaste cyclus-deeltijden*.
  Is de tijdsduur niet constant, dan heeft men te doen met *variabele cyclus-deeltijden*.

- Een *volgorde-regelaar* met *vaste cyclus* en *vaste cyclus-deeltijden* bestaat bijvoorbeeld uit een teller, die via een decodeerschakeling een aantal flip flop's bedient. Elke flip flop brengt de bij hem horende handeling op gang en stopt de handeling als deze volbracht is.

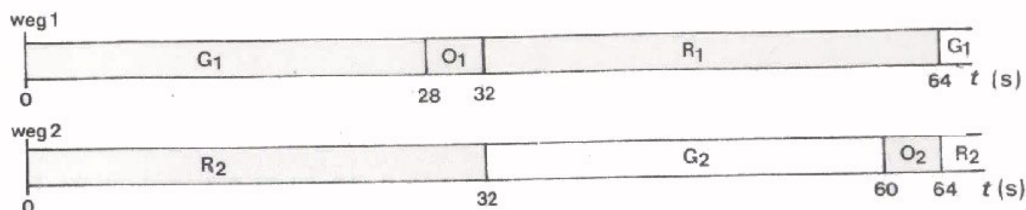
- Als de cyclus-deeltijden *variabel* zijn, dan dient er telkens *terugmelding* plaats te vinden dat een handeling voltooid is.
  In dat geval kan b.v. een teller vastleggen in welke volgorde de verschillende handelingen plaats vinden. Verder kunnen opnemers terugmelden dat de diverse handelingen beëindigd zijn, zodat de startsignalen voor de volgende handelingen gegeven kunnen worden.

- Een *vaste cyclustijd* wil zeggen dat de totaaltijd van de cyclus constant is.

NAAM: [ ] KLAS: [ ]

OEFENINGEN:

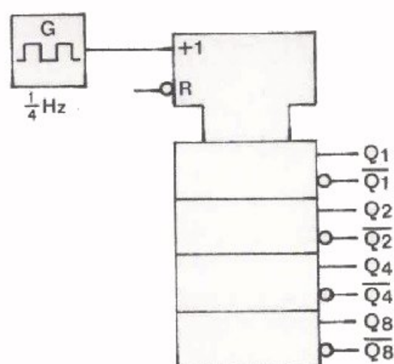
1. De verkeerslichten voor een kruispunt moeten branden volgens onderstaande grafieken. De tijd is in seconde uitgezet.

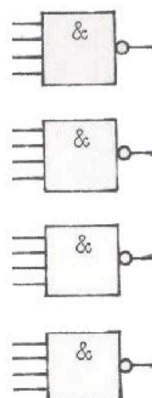


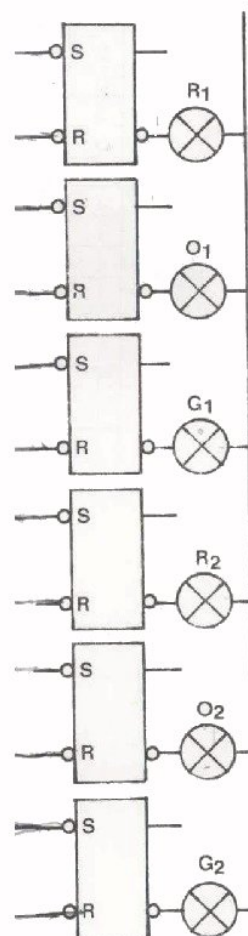
Een blokspanningsgenerator van $\frac{1}{4}$ Hz zorgt voor de impulsen. Vul onderstaande functietabel in.

Teken daarna het schema.

	Q8	Q4	Q2	Q1
na impulsen				
na impulsen				
na impulsen				
na impulsen				







De versterkertrappen tussen flip flop's en lampen zijn voor de eenvoud weggelaten.

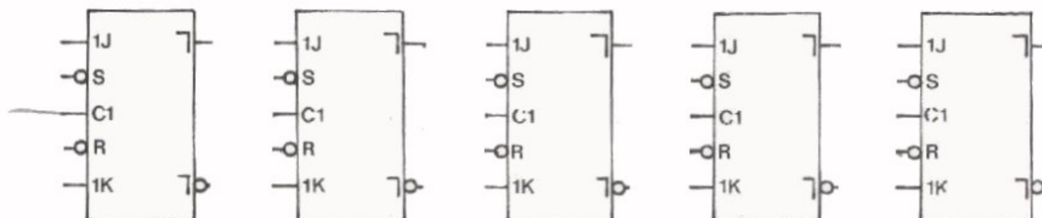
2. Men beschikt over 4 multiplexers, elk met 8 G-ingangen. Zij moeten gebruikt worden om een binair getal van 24 bits in serie af te geven en direct daarna van voren af aan te beginnen.
Op volgend blad zijn de multiplexers getekend.
De benodigde uit JK-flip flop's samengestelde teller staat erboven.
Teken het complete schema, ervoor zorgend dat na het doorlopen van de gehele cyclus "de JK-flip flop's waarvoor dit nodig is" gereset worden.

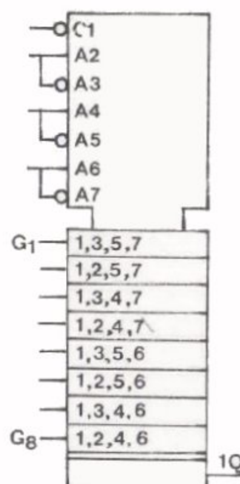
I_{16}	I_8	I_4	I_2	I_1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0

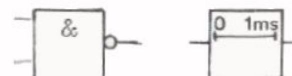
Hiernaast vindt u de functietabel van de door de teller te leveren signalen I_1, I_2, I_4, I_8 en I_{16}.

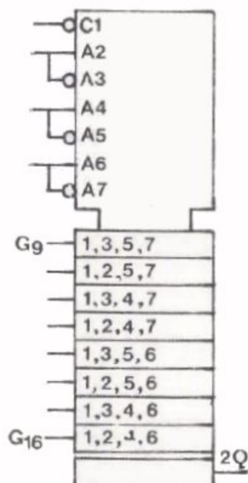
NAAM:

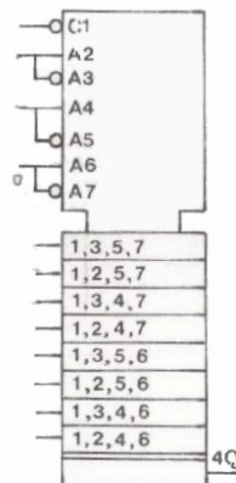
KLAS:

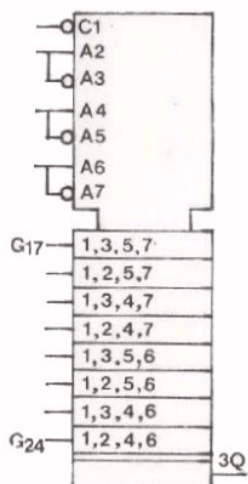

1J
S
C1
R
1K


C1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
G1
1,3,5,7
1,2,5,7
1,3,4,7
1,2,4,7
1,3,5,6
1,2,5,6
1,3,4,6
G8
1,2,4,6
1Q


&
0 1ms


C1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
G9
1,3,5,7
1,2,5,7
1,3,4,7
1,2,4,7
1,3,5,6
1,2,5,6
1,3,4,6
G16
2Q


C1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
1,3,5,7
1,2,5,7
1,3,4,7
1,2,4,7
1,3,5,6
1,2,5,6
1,3,4,6
1,2,4,6
4Q


C1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
G17
1,3,5,7
1,2,5,7
1,3,4,7
1,2,4,7
1,3,5,6
1,2,5,6
1,3,4,6
G24
1,2,4,6
3Q

D27.32

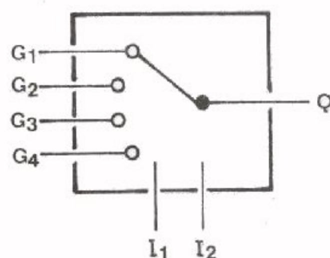
D 28

OMVORMERS VAN DIGITAAL NAAR ANALOOG EN OMGEKEERD

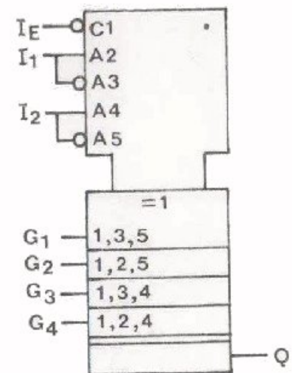
INLEIDING

In de vorige les is de serie-afgifte van informatie uitvoerig besproken.

multiplexer



In de eerste plaats is de *multiplexer* besproken. Met deze schakeling kan de op een aantal punten aanwezige binaire informatie in serie vanuit Q worden afgegeven. Een multiplexer is als het ware een elektronische meerstandenschakelaar.



In de tweede plaats zijn een paar voorbeelden gegeven van *volgorde-regelaars*. Dit zijn schakelaars die ervoor zorgen, dat een aantal handelingen telkens in dezelfde volgorde herhaald worden. Heeft elke handeling een *vaste* tijdsduur, dan kan een teller via een decodeerschakeling een aantal flip-flop's bedienen. Deze geven de commando's voor het beginnen en stoppen van de handelingen door. Hebben een of meer handelingen een variabele tijdsduur, dan zorgt men ervoor dat aan het einde van elke handeling een terugmelding plaatsvindt. Door de terugmelding wordt de handeling gestopt en de volgende handeling op gang gebracht. Diverse soorten opnemers kunnen voor de terugmelding zorgen.

In deze les wordt de digitaal - analoog omvorming besproken. De digitaal - analoog omvorming houdt in, dat men een digitale informatie door een analoog instrument (in ons voorbeeld: een draaispoelinstrument) laat verwerken.

Verder worden in deze les enkele manieren besproken om analoge informatie om te vormen. Analoog-digitaal omvormers worden veel gebruikt. U kunt ze bijv. wel eens aantreffen in winkels waar gewogen moet worden. Een weegschaal bepaalt analoog de waarde van het gewicht. De analoge informatie wordt in een digitale informatie omgevormd die direct is af te lezen in de vorm van een decimaal getal.

DE BEGRIPPEN "DIGITAAL" EN "ANALOOG".

Voordat we beginnen over de omvorming van digitaal in analoog, herhalen we wat digitaal en wat analoog is. Reeds eerder is dit besproken in D1.

Het kenmerk van *digitale* informatie is dat deze een *beperkt aantal* vastliggende waarden kan aannemen.

Voorbeelden:

- een dobbelsteen geeft na het opgooien één van de waarden, 1, 2, 3, 4, 5 of 6 aan en kan geen enkele tussenliggende waarde weergeven.
- een afstandsmeter of "km-teller" in een auto kan de afgelegde afstand tussen 0 km en 100 000 km tot op 0,1 km nauwkeurig weergeven. Na elke 100 meter verschuift de aanwijzing van de teller 0,1 km. De afstandsmeter kan echter een waarde tussen bijvoorbeeld 3014,7 km en 3014,8 km niet weergeven.

Het kenmerk van *analoge* informatie is dat deze *elke* waarde tussen een gegeven minimum en een gegeven maximum kan aannemen.

Voorbeelden:

- een draaispoelinstrument met een bereik van 0 V tot 10 V kan elke spanningswaarde tussen 0 V en 10 V aanwijzen.
- een snelheidsmeter in een auto met een bereik van 20 km/uur tot 150 km/u. kan elke snelheid tussen deze waarden aanwijzen.

Informatie wordt vaak verkregen met een *opnemer*.

Een *digitale* opnemer kan alléén digitale informatie verstrekken(bijv.: een meerstanden schakelaar)
Een *analoge* opnemer kan zowel analoge als digitale informatie verstrekken (voorbeeld:microfoon).

Informatie wordt *verwerkt* door diverse schakelingen.

Digitale schakelingen kunnen alléén digitale informatie verwerken. (voorbeeld: computers met NAND's, flip-flop's, one shot's, enz.)
Analoge schakelingen kunnen zowel analoge- als digitale informatie verwerken(voorbeeld: een geluidsversterker).

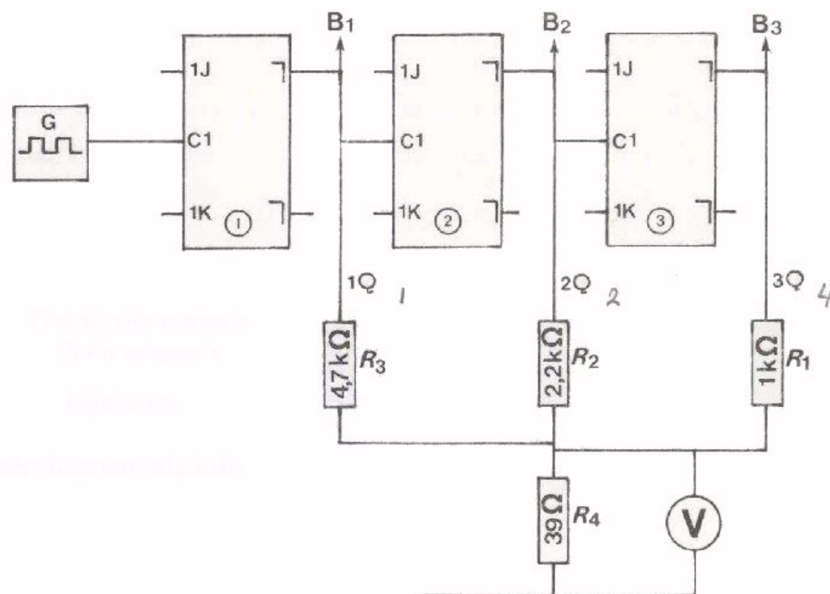
Informatie kan worden weergegeven met *weergevers*.

Digitale weergevers kunnen alléén digitale informatie waarneembaar maken. (voorbeeld: 13-segment display).
Analoge weergevers kunnen zowel analoge als digitale informatie waarneembaar maken (voorbeeld: luidspreker).

DIGITAAL - ANALOOG OMVORMING.

Het komt vaak voor dat men over digitale informatie beschikt en deze met behulp van een analoog instrument moet weergeven. Als men dit doet zegt men dat de digitale informatie in analoge wordt omgevormd met behulp van een digitaal - analoog omvormer. Men spreekt ook wel van digitaal - analoog conversie of DAC. We merken hierbij op dat de informatie bij de weergave nog steeds digitaal is, ook al geeft een analoog instrument de informatie weer. Immers, stel dat de digitale informatie bestaat uit een spanning van 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 of 10 volt. Het instrument geeft dan een van deze hele waarden aan. Het kan nooit een spanning aangeven die ergens tussen twee opeenvolgende waarden in ligt.

We gaan dit ervaren in een volgende opdracht. Daarin bouwen we een teller met 3 JK flip-flop's, die we met behulp van een blokspanning laten tellen.

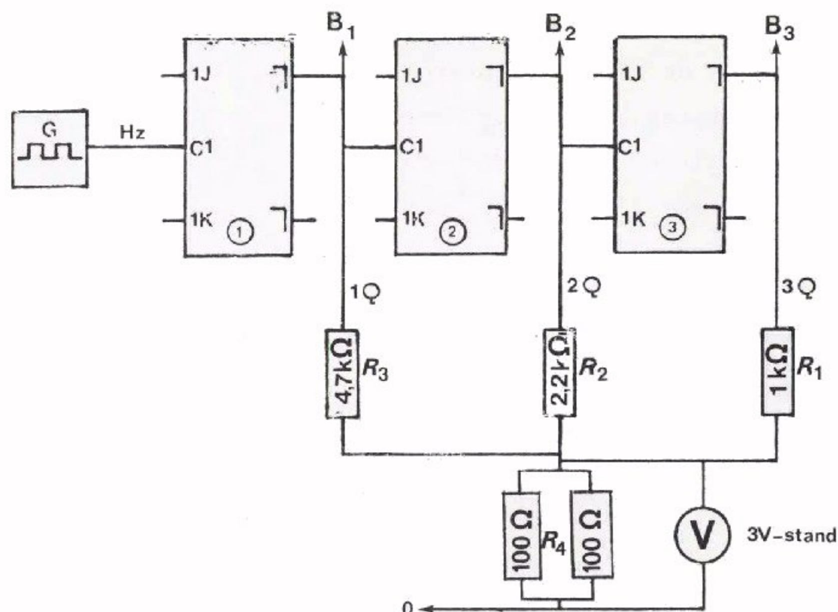


De binaire informatie van de teller voeren we toe aan 3 ingangen B_1, B_2 en en B_3 van de LED-indicator, waarmee de informatie binair weergegeven wordt. Bovendien voeren we de informatie toe aan een DAC weerstandennetwerk. Wanneer 1Q = "1" wordt, veroorzaakt deze informatie een stroom I door de weerstand R_3. Wordt 2Q = "1", dan veroorzaakt die informatie een stroom $2I$ door R_2. Wanneer 3Q = "1" wordt, dan zal door R_1 een stroom gaan van $4I$. Over R_4 omtstaat nu een spanning waarvan de grootte afhangt van de binaire uitgangsinformatie van de teller. Deze is op de "analoge" universeelmeter af te lezen.

Op het volgend blad gaan we deze opdracht uitvoeren.

OPDRACHT : DIGITAAL - ANALOOG OMVORMING.

- Bouw onderstaande schakeling.



- We nemen de 1 Hz blokspanning van de generatormodul. Het tellen verloopt zo langzaam dat de universeelmeter het goed kan volgen.

- Geef de analoge spanningswaarden die we kunnen meten bij de digitale waarden.

B: 3-2-1 (U(mV)

0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	
0	0	0	

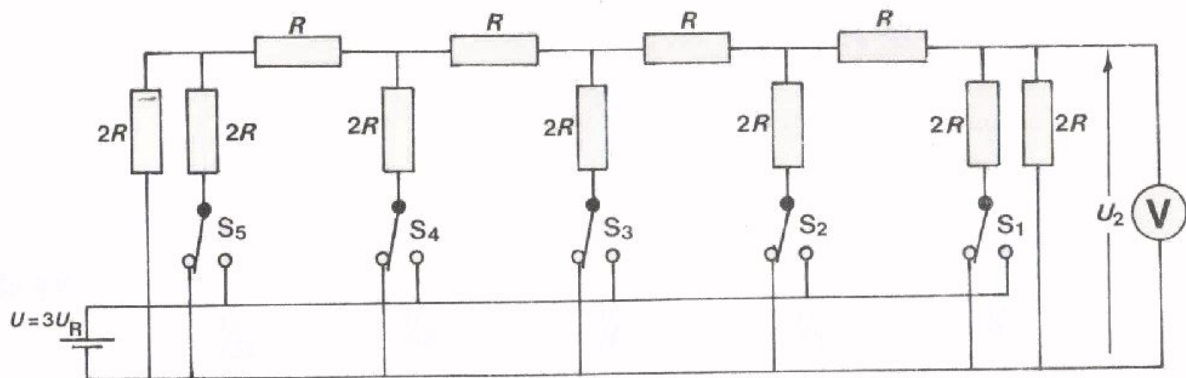
- We zien nu:

- de binaire informatie aan het al of niet oplichten van de lampjes.
- dezelfde informatie door de analoge universeelmeter weergegeven.
- dat de *analoge* weergever (de voltmeter) de *digitale* informatie goed kan weergeven.

DIGITAAL - ANALOOG OMVORMER.

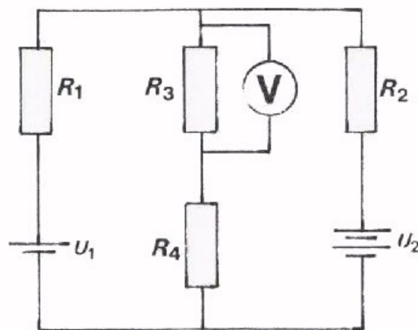
Het gegeven voorbeeld van een digitaal - analoog omvormer is veel te simpel. Het beperkt zich slechts tot 3 bits, terwijl de nauwkeurigheid van de omzetting ook te wensen over laat. In de praktijk treft men DAC's aan, die veel meer bits kunnen omzetten met een grotere nauwkeurigheid.

Vaak geschiedt digitaal-analoog omvorming met een zogenaamd laddernetwerk. Dit ladder-netwerk is in principe hieronder geschetst. De weerstanden van het netwerk hebben een waarde die zeer nauwkeurig vastligt. Om meer bits te kunnen verwerken kan het netwerk nog uitgebreid worden.

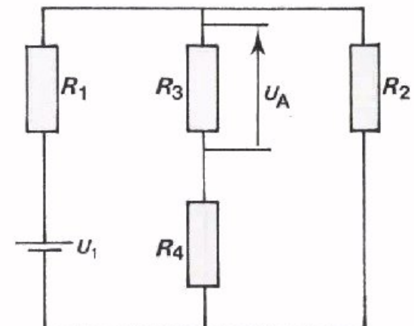


Op de volgende bladen wordt dit netwerk behandeld. Om dit goed te kunnen volgen behandelen we eerst nog eens het superpositie beginsel.
Hierop berust de werking van dit netwerk.

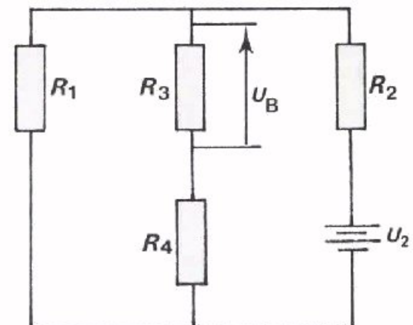
HET SUPERPOSITIE-BEGINSEL



Het super-positie beginsel vertelt iets over het effect dat meerdere spanningsbronnen tezamen hebben in een netwerk. Dit beginsel bespreken we aan de hand van nevenstaand voorbeeld van een netwerk. Te bepalen is welke spanning de twee spanningsbronnen U_1 en U_2 over R_3 veroorzaken.



We maken U_2 = 0V. R_2 blijft op zijn plaats zitten. Dan is alleen U_1 in precies hetzelfde netwerk van weerstanden werkzaam. Over R_3 wordt nu een spanning U_A veroorzaakt.



Vervolgens wordt U_1 = 0V gemaakt en laten U_2 zitten. Over R_3 ontstaat nu een spanning U_B.

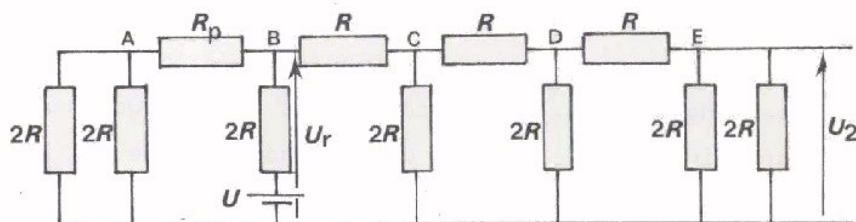
Volgens het superpositie-beginsel is de spanning U_3 over R_3 bij aanwezigheid van U_1 én U_2 gelijk aan $U_A + U_B$. We hebben dit indertijd aan de hand van een meting gecontroleerd.

Wat hier voor twee spanningen geldt, blijkt in het algemeen ook voor meer dan twee spanningen te gelden.

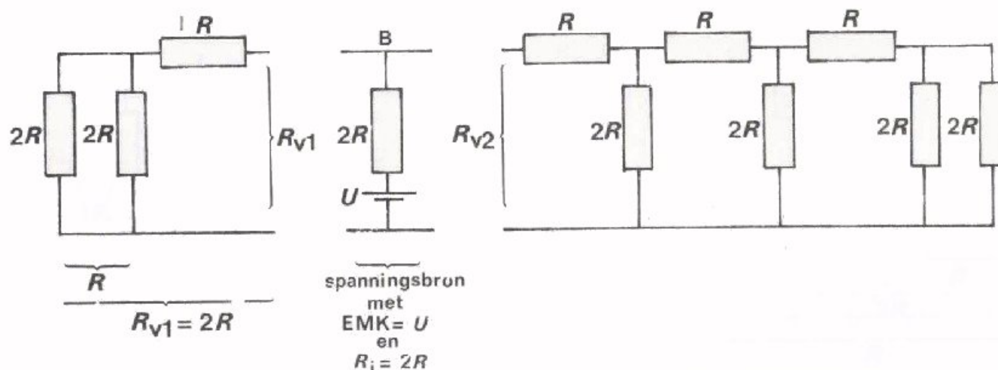
In het algemeen kan men stellen:
Als in een netwerk van weerstanden twee of meer spanningsbronnen aanwezig zijn, veroorzaken zij tezamen over een bepaalde weerstand een spanning. Deze spanning is gelijk aan de som van de spanningen, die elke spanningsbron apart over deze weerstand zou veroorzaken.

HET LADDER-NETWERK

Een eenvoudig voorbeeld van het ladder-netwerk voor een digitaal-analoog omvormer is hieronder getekend. Tevens is in één tak een spanningsbron U aangebracht die een spanning U_R tussen de punten B en O doet ontstaan.

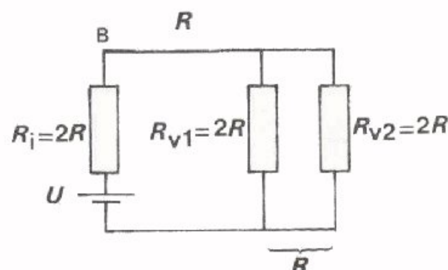


- We gaan eerst de grootte van de spanning U_R bekijken. Hiertoe moeten we weten hoe groot de vervangingsweerstanden R_{v1} en R_{v2} zijn die punt B naar links en naar rechts ziet.



Bestudeer bovenstaande figuur goed. Uit de figuur volgt $R_{v1} = 2R$ en $R_{v2} = 2R$.

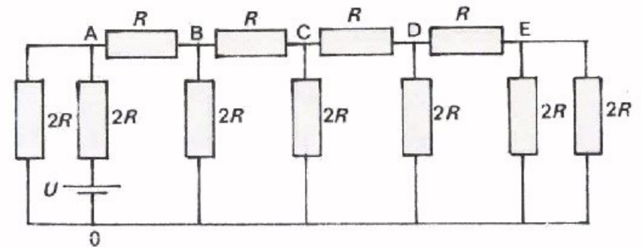
De spanningsbron met EMK = U en $R_i = 2R$ wordt dus belast door de parallelschakeling van twee weerstanden $2R$. Deze twee weerstanden vormen samen de weerstand R.



De klemspanning bedraagt dus:

$$U_R = R.I = R.\frac{U}{2R + R} = \frac{1}{3}\,U.$$

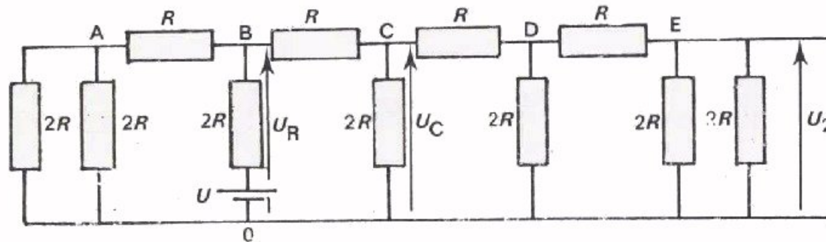
Hiernaast is de spanningsbron niet in de "B-tak", maar in de "A-tak" van het netwerk geplaatst. Ook dan vormt de tak een spanningsbron met EMK = U en $R_i = 2R$.

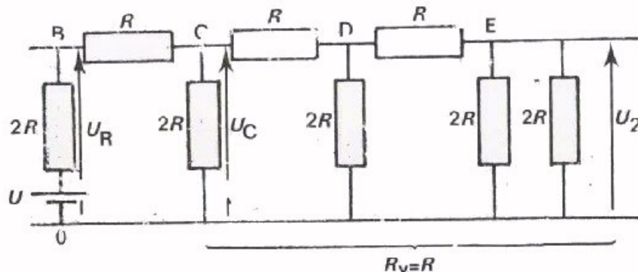


Ook dan ziet de tak naar links zowel als naar rechts een belastingsweerstand $R_v = 2R$, zodat de spanningsbron met weerstand R wordt belast. Ook dan wordt er dus een klemspanning $U_R = \frac{1}{3}U$ tussen de uiteinden van de tak geleverd.

Voor bovenstaande schakeling blijkt te gelden:
Als men in een willekeurige tak een spanningsbron U aanbrengt, vormt deze tak een bron met EMK = U en $R_i = 2R$. Deze bron wordt belast met de parallelschakeling van twee *steeds evengrote* weerstanden, elk met een waarde $2R$. De bron levert verder een *steeds evengrote* klemspanning $U_R = \frac{1}{3}U$.

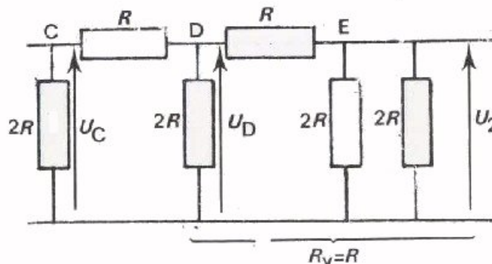
- Vervolgens gaan we de grootte van de spanning U_2 bekijken.





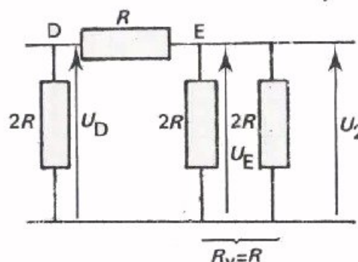
- Eerst bepalen we U_C.

Uit het netwerk hiernaast blijkt $R_v = R$. Hieruit volgt dat U_R voor de helft over R en voor de andere helft over R_v valt. $U_C = \frac{1}{2}\,U_R$.



- Vervolgens bepalen we U_D.

Ook nu geldt $R_v = R$. De spanning U_C valt voor de helft over R en voor de andere helft over R_v. $U_D = \frac{1}{2}\,U_C = \frac{1}{4}\,U_R$.



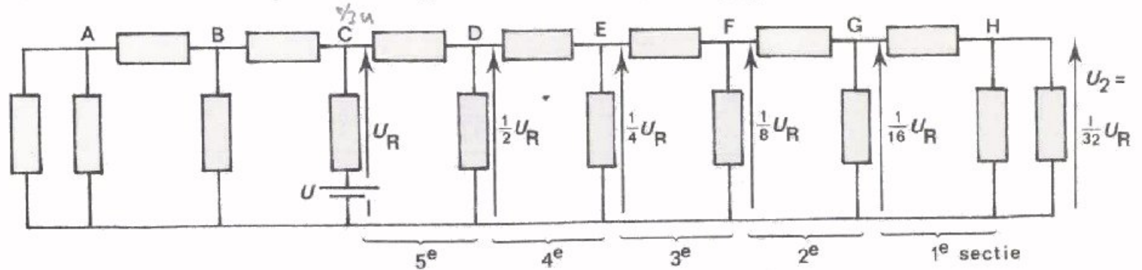
- Uiteindelijk bepalen we $U_E = U_2$.

Ook nu is $R_v = R$.

$$U_2 = U_E = \tfrac{1}{2}U_D = \tfrac{1}{2}(\tfrac{1}{2}U_C) = \tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2}(\tfrac{1}{2}U_B) = \frac{1}{8}\,U_R$$

In het algemeen blijkt te gelden:
Als zich in één verticale tak een spanningsbron met EMK = U bevindt, staat over deze tak een klemspanning $U_R = \frac{1}{3}U$. Deze spanning wordt bij elke volgende verticale tak *gehalveerd*.

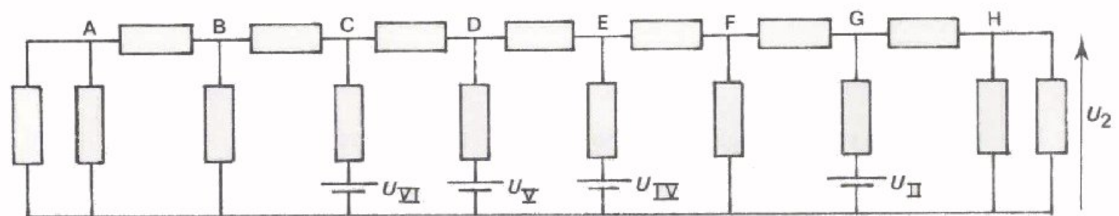
Hieronder is daarvan een uitgebreider voorbeeld gegeven.



Elk van de horizontale weerstanden is evengroot en gelijk aan R.
Elk van de verticale weerstanden is tweemaal zo groot en gelijk aan $2R$.

We zien dat als de klemspanning U_R vijf secties van het U_2-uiteinde is verwijderd, de spanning U_2 een factor $2^5 = 32$ maal zo klein is als U_R.
Bedraagt het aantal secties n, dan is U_2 een factor 2^n maal zo klein.

- Tenslotte gaan we na: "Hoe groot U_2 is als in meer dan één tak een spanningsbron met EMK = U wordt aangebracht".



Als in het netwerk alléén de EMK U_{II} werkzaam is, dan ontstaat over de uitgangsweerstanden de spanning $U_2'' = \frac{1}{2} U_R$. $U_2'' = \frac{1}{2} U_R$.

Is alléén de EMK U_{IV} werkzaam, dan ontstaat over dezelfde uitgangsweerstanden de spanning $U_2'''' = \frac{1}{8} U_R$. $U_2'''' = \frac{1}{8} U_R$.

Is alléén U_V werkzaam, dan ontstaat $U_2''''' = \frac{1}{16} U_R$. $U_2''''' = \frac{1}{16} U_R$.

Is alléén U_{VI} werkzaam, dan ontstaat $U_2'''''' = \frac{1}{32} U_R$. $U_2'''''' = \frac{1}{32} U_R$.

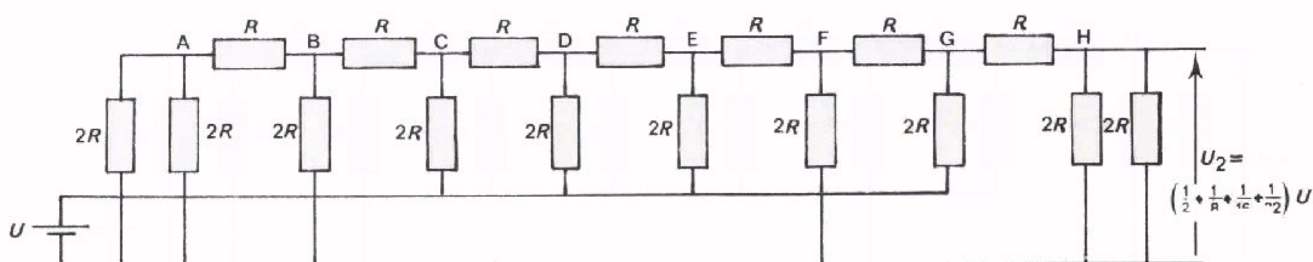
Zijn tenslotte al deze evengrote EMK's tegelijkertijd werkzaam, dan vinden we de daarbij optredende U_2 door al de voorgaande U_2-spanningen op te tellen. Dus:

$$U_2 = U_2'' + U_2''' + U_2'''''' + U_2''''''$$

$$= \tfrac{1}{2}\, U_R + \frac{1}{8}\, U_R + \frac{1}{16}\, U_R + \frac{1}{32}\, U_R.$$

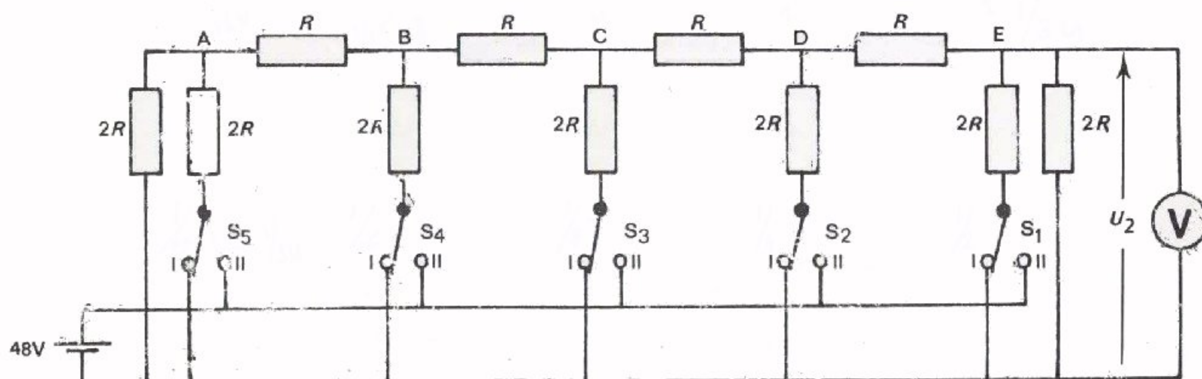
of $U_2 = (\tfrac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32})\, U_R$, waarin $U_r = \frac{1}{3}U$.

We hebben gezien hoe met het ladder-netwerk, de deelspanningen $\tfrac{1}{2}\, U_R$, $\tfrac{1}{4}\, U_R$, $\frac{1}{8}U_R$, enz. verkregen kunnen worden en vervolgens opgeteld. In plaats van meer dan een EMK kan men ook één gemeenschappelijke EMK gebruiken zoals hieronder getekend is. Dit doet men bij de praktische toepassing van het ladder-netwerk in een digitaal-analoog omvormer.



De binair gegeven informatie, samengesteld uit een aantal bits, wordt aan een evengroot aantal flip-flop's toegevoerd. Deze bedienen de schakelaars S1 t/m S5 van het netwerk. Daardoor ontstaat aan de uitgang rechts een spanning U_2, die overeenkomt met de binaire informatie. De grootte van U_2 kan met behulp van een analoog meetinstrument, zoals een draaispoelmeter, worden weergegeven.

OEFENING



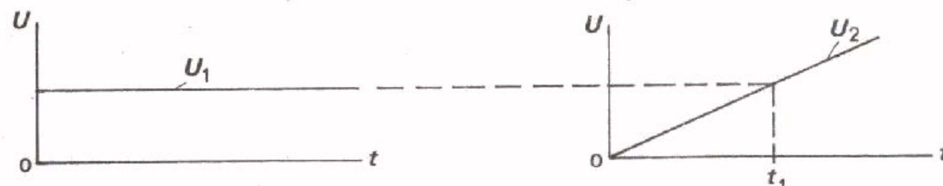
Alléén S1 in stand II	U_E =		V
Alléén S5 in stand II	U_A =		V
	U_E =		V

Wanneer alléén schakelaar 1 omgezet wordt, wordt	U_2 =	V
" " " 2 " " , "	U_2 =	V
" " " 3 " " , "	U_2 =	V
" " " 4 " " , "	U_2 =	V
" " " 5 " " , "	U_2 =	V

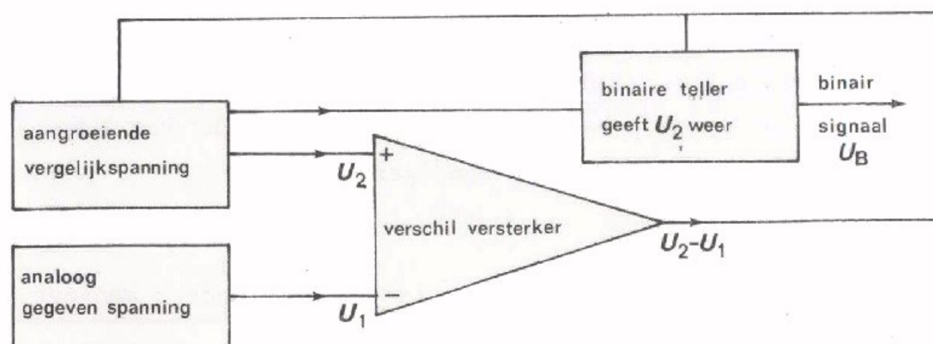
HET PRINCIPE VAN ANALOOG - DIGITAAL OMVORMING.

Het omvormen van analoge informatie in digitale informatie berust steeds op het volgende principe, dat uitgelegd wordt aan de hand van een gelijkspanning.

- Men beschikt over een elektrische spanning U_1. Dit is het analoge gegeven.



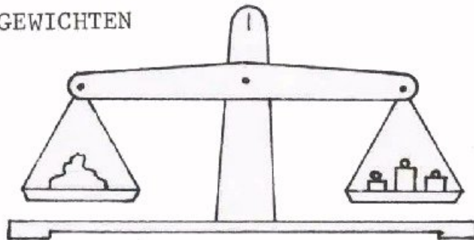
- Men laat een andere spanning U_2 lineair aangroeien van 0 af. Omdat de spanning lineair aangroeit, kunnen we de grootte ervan in stappen afleiden uit de stand van een gelijktijdig gestarte binaire teller.
- De analoog gegeven spanning U_1 en de aangroeiende spanning U_2 gaat men met elkaar vergelijken. Hiertoe voert men deze spanningen aan een verschilversterker toe. U_2 en de binaire teller starten tegelijkertijd.



- Zodra de aangroeiende spanning U_2 evengroot is geworden als de om te vormen spanning U_1, (als $t = t_1$), zorgt het uitgangssignaal van de verschilversterker ervoor dat de binaire teller ophoudt met tellen. Dan is U_2 gelijk aan U_1. Het analoge signaal U_1 is dan via de binaire teller omgevormd in het binaire signaal U_B.

Er zijn twee manieren om de beschreven analoog - digitaal omvorming uit te voeren. Om dit duidelijk te maken vertellen we eerst iets over het wegen met gewichten. De analoog- digitaal omvorming is hetzelfde uit te voeren als het wegen met gewichten.

WEGEN MET GEWICHTEN



Het gewicht van een voorwerp ligt tussen 0 gr en 1000 gr. We kunnen dit op twee manieren wegen met behulp van een balans-weegschaal zoals hiernaast is afgebeeld.

- 1e methode.

We beschikken over 1000 gewichtjes van 1 gram. We zetten het voorwerp op de ene schaal. Daarna zetten we net zo lang gewichtjes op de andere schaal tot er evenwicht is. Het aantal gewichtjes dat tezamen *evenzwaar* is als het voorwerp, geeft het gewicht in grammen weer.

Deze methode van wegen is erg omslachtig, omdat de gewichtjes stuk voor stuk geteld moeten worden. Het wegen van een zwaar voorwerp kost veel tijd. Veel handiger is de methode die nog dagelijks op de markt toegepast wordt en die we nu bespreken.

- 2e methode.

We beschikken over gewichten van: 1 gr, 2 gr, 2 gr, 5 gr, 10 gr, 20 gr, 50 gr, 100 gr, 100 gr, 200 gr en 500 gr.
We plaatsen het voorwerp op de ene schaal. Daarna op de andere schaal het zwaarste gewicht van 500 gr. Is het te zwaar, dan zetten we het er weer af en komt het gewicht van 200 gr erop. Is dit bijv. niet zwaar genoeg, dan plaatsen we er een gewicht van 100 gr bij. Is dit ook niet genoeg dan komt er nog eens 100 gr. bij. Enzovoorts. Op deze manier kunnen we ook op 1 gr nauwkeurig wegen tot en met een gewicht van 1 kg. Deze laatste methode is veel sneller en handiger.

OEFENING.

Welke gewichten gebruikt men, uit de in methode 2 aangegeven voorraad gewichten, bij een voorwerp van 789 gr?

Het aantal gebruikte gewichten is in dit voorbeeld [ ]

Weegt men alleen met gewichtjes van 1 gr dan heeft men daarvoor [ ] gewichtjes nodig.

WEGEN MET BINAIRE GEWICHTEN.

We hebben volgens de 2e methode gewogen met gewichten van 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, enz. gram. Deze gewichten zijn handig om de waarde van het gewicht in de vorm van een *decimaal* getal te verkrijgen.

In de digitale techniek is het gebruikelijk om het *binaire* talstelsel toe te passen. We gaan daarom de 2e methode van wegen ook eens met gewichten uitvoeren die de gewichtswaarde in de vorm van een binair getal geven.
We nemen gewichten van:
2^0 = 1 gr, 2^1 = 2 gr, 2^2= 4 gr, 2^3 = 8 gr, 2^4 = 16 gr, 2^5 = 32 gr, 2^6 = 64 gr, 2^7 = 128 gr, 2^8 = 256 gr en 2^9 = 512 gr.

Het totale gewicht van al deze gewichten bedraagt [gr].

We kunnen dus wegen tot en met [gr].

Bij het wegen gaan we nu eerst kijken of het voorwerp zwaarder of lichter is dan het zwaarste gewicht; dat is 512 gr. Daarna komen 256 gr, 128 gr, 64 gr, enz. aan de beurt. Telkens als de schaal met gewichten doorslaat nemen we het laatste gewicht dat erbij gezet is er weer af en zetten het volgende lichtere gewicht ervoor in de plaats. Is de weegschaal zo in evenwicht gekomen, dan vertegenwoordigt elk op de schaal *aan*wezig gewicht een "1" van het binaire getal. Elk *af*wezig gewicht vertegenwoordigt een "0" van het binaire getal. Op deze manier is een voorwerp zeer snel "binair" te wegen.

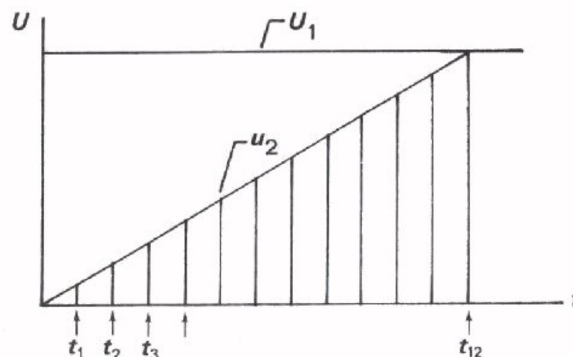
OPMERKING

Bij het wegen volgens de 2e methode gaan we eigenlijk net zo te werk als bij het omzetten van een decimaal getal in een binair getal. Ook daarbij trekken we telkens de grootst mogelijk macht van 2 af, net zo lang tot "het op is."

We komen nu terug op de twee manieren om analoge informatie in digitale informatie om te vormen. De 1e methode komt overeen met het wegen door middel van een groot aantal gelijke kleine gewichtjes. Stuk voor stuk zet men deze gewichtjes erbij totdat hun gezamelijke gewicht gelijk is aan het gewicht van het voorwerp. De 2e methode komt overeen met het wegen door middel van binaire gewichten.
Deze gewichten verhouden zich als: $2^0 : 2^1 : 2^2 : 2^3 : 2^4$: enz.
of 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : enz.

ANALOOG - DIGITAAL OMVORMING VOLGENS DE EERSTE METHODE.

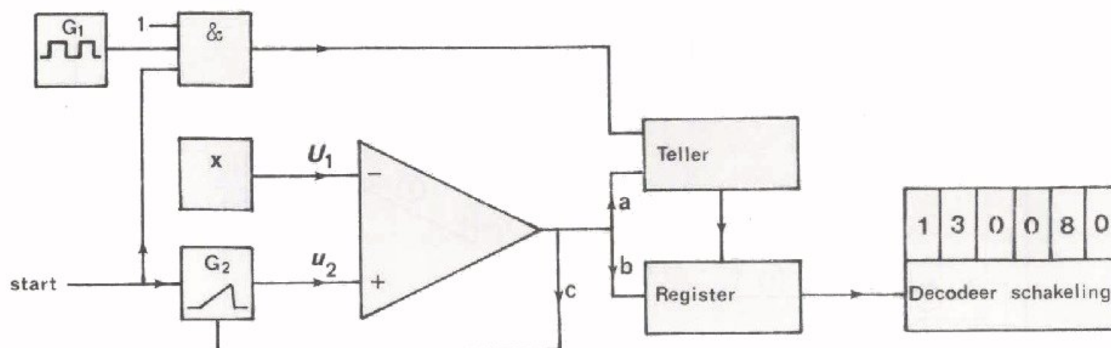
Deze omvorming vindt bijvoorbeeld plaats in een digitale voltmeter. De te meten onbekende spanning U_1 van een schakeling X wordt vergeleken met de lineair aangroeiende spanning u_2 van de digitale voltmeter. Tijdens het aangroeien van u_2 worden er impulsen aan een teller toegevoerd. Het aantal getelde impulsen is op elk moment een maat voor de waarde die u_2 dan bereikt heeft. In gelijke tijden is er een gelijke spanningstoename. Tijden meten met tellen betekent dus spanningstoename meten. Wordt bijv. bij een impuls van 1 µs een spanningstoename verkregen van 1 mV, dan zal dit bij 12 impulsen overeenkomen met 12 mV.



(momenten waarop aan de teller een impuls wordt toegevoerd).

(moment waarop u_2 gelijk is geworden aan U_1).

u_2 en U_1 worden aan een verschilversterker toegevoerd. (volg hierbij het nevenstaande schema). Deze verschilversterker heeft een zeer grote versterking. Zodra u_2 gelijk is geworden aan U_1, wordt de uitgangsspanning van de versterker nul, om direct daarna met tegengestelde polariteit opnieuw te ontstaan. Hierdoor moet de teller ophouden met tellen. Tijdens het tellen is de teller-informatie parallel in een register met master-slaves JK flip-flop's geschoven. Zodra het tellen ophoudt, wordt de nog aanwezige informatie doorgeschoven naar de uitgangen van het register. Deze uitgangen geven hun informatie door aan een decodeer- en uitleesschakeling. De waarde van u_2, die praktisch evengroot is als U_1, is nu digitaal af te lezen.



Als de waarde van U_1 verandert, moet deze verandering van waarde worden weergegeven. Het is daarom nodig dat u_2 telkens opnieuw met U_1 wordt vergeleken. Generator G2 is dan ook een zaagtandspanningsgenerator, die vele malen per seconde een lineair aangroeiende spanning u_2 levert. Elke keer als u_2 net iets groter is geworden dan U_1, wordt:

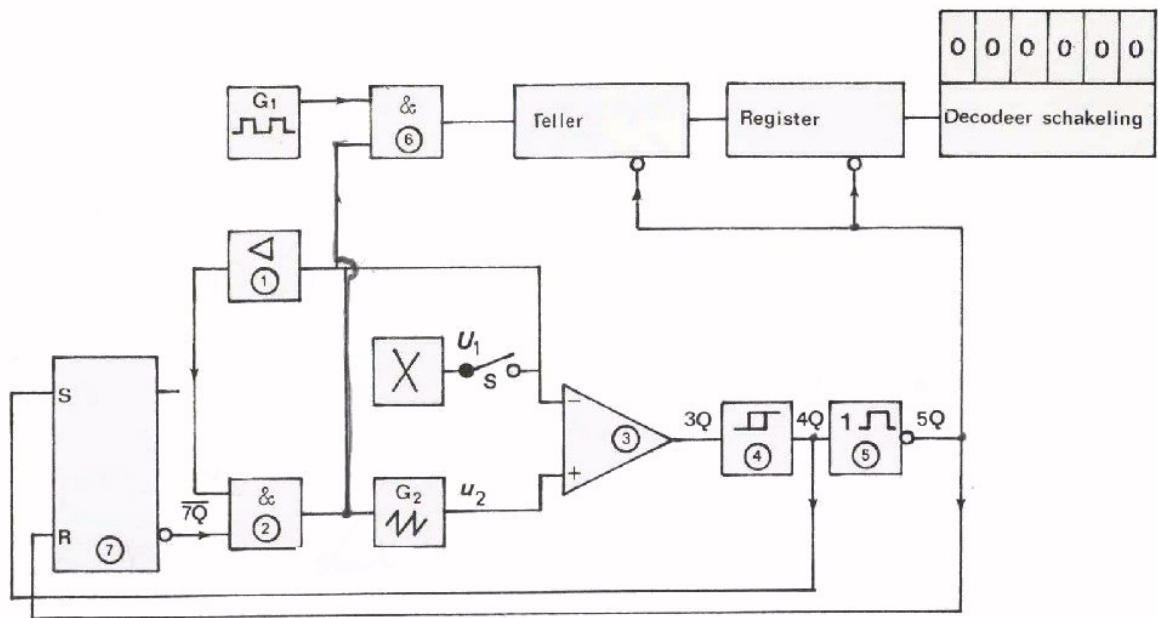
a. de teller gereset.

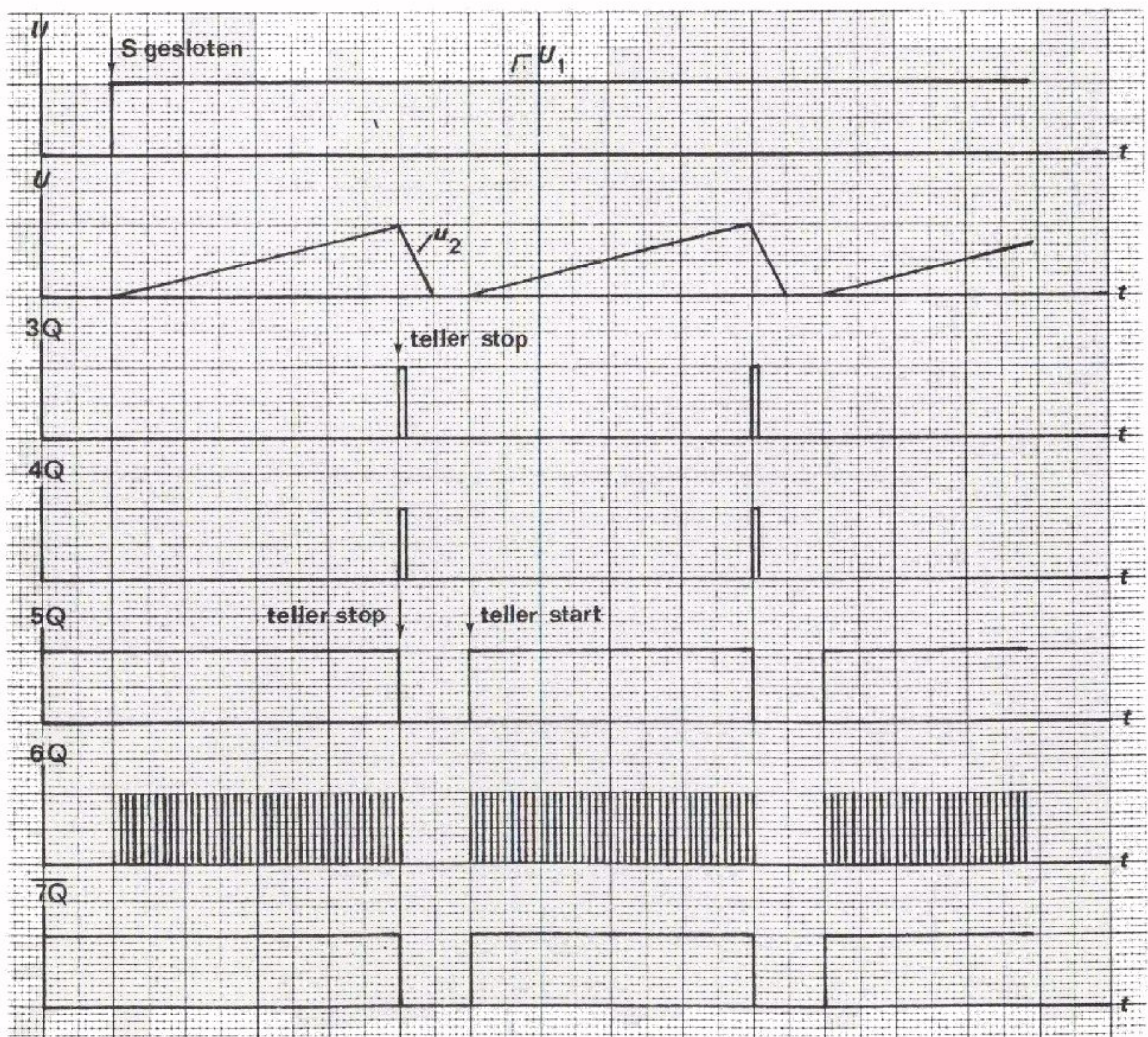
b. de dan bij de masters van het register aanwezige informatie doorgeschoven naar de slaves van het register.

c. de terugslag van de door G2 te leveren zaagtandspanning begonnen.

Analoog - digitaal omvorming duidt men wel aan als Analoog - Digitaal Conversie, afgekort ADC.

Op volgend blad treft U een uitgebreider blokschema van de ADC aan.


0 0 0 0 0 0
G1
&
6
Teller
Register
Decodeer schakeling
1
X
U_1
S
3
3Q
4
4Q
1
5
5Q
2
7
G2
u_2
7Q
S
R


U
S gesloten
U_1
t
U
u_2
3Q
teller stop
4Q
5Q
teller stop
teller start
6Q
7Q

Probeer het uitgebreider blokschema van vorig blad aan de hand van volgende beschrijving na te lopen. Raadpleeg daarbij ook de grafieken.

- X levert de te meten analoge spanning U_1.
- Als S gesloten wordt, levert versterker (1) een signaal "1" aan de ingang van AND (2). Tevens wordt aan de "-ingang" van (3) de spanning U_1 toegevoerd. Doordat de spanning u_2 nog nul is, is U_1 altijd groter dan u_2. Hierdoor geeft (4) een signaal "0" aan de S-ingang van de SR-flip-flop (een negatieve spanning of 0 volt aan ingang (4) geeft aan de uitgang een "0", een positieve spanning geeft aan de uitgang van (4) een "1"). One shot (5) geeft zonder ingangssignaal een "1" aan de uitgang. Deze "1" wordt doorgegeven aan de R-ingang van (7), hierdoor wordt een "1" doorgegeven aan AND (2). And (2) heeft nu twee ingangen "1", waardoor de uitgang een "1" doorgeeft aan de zaagtandgenerator en de lineair aangroeiende spanning u_2 gestart wordt.

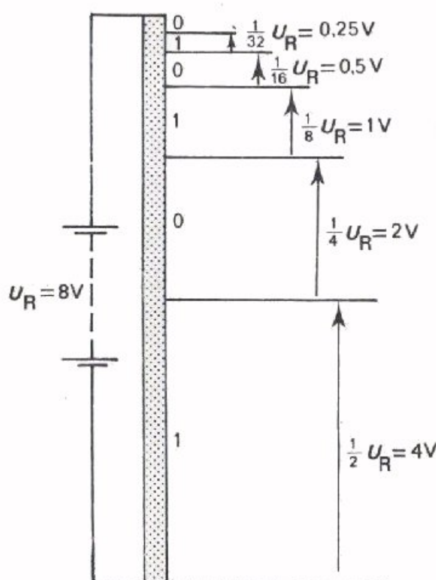
- AND (2) geeft, behalve aan G2, ook aan AND (6) een "1" door. Omdat G1 bovendien een blokspanning aan (6) levert, gaat (6) impulsen aan de teller toevoeren. Op hetzelfde moment dat u_2 van 0 af begint aan te groeien, begint de teller dus te tellen. De frequentie van G1 kan bijv. 1 MHz zijn.
- Zodra u_2 iets groter is geworden dan U_1, gaat (3) een positief signaal afgeven aan (4), waardoor (4) een "1" afgeeft. Door deze verandering van "0" naar "1" geeft (5) een "0" af aan de R-ingang van de SR-flip-flop. De S-ingang krijgt door (4) een "1" toegevoerd, zodat de SR-flip-flop geset wordt en $\overline{7Q}$ = "0" wordt. Hierdoor krijgt (6) via (2) ook een "0" toegevoerd en (6) laat niets meer door en de teller stopt met tellen.
- AND (2) geeft tevens aan G2 een "0", waardoor het aangroeien van de spanning U_2 wordt gestopt. Tijdens de "0" van (5) vindt de terugslag van de zaagtandspanning u_2 plaats.
- De "0" van (5) zorgt er ook voor dat nu door de teller aan het register toegevoerde informatie doorgegeven wordt aan de decodeerschakeling en de uitleesunit. Tevens wordt door "0" van (5) de teller gereset.
- Zodra de impuls van (5) is geëindigd, wordt de flip-flop weer gereset, en het uitellen begint opnieuw. De uitlezing blijft staan totdat 4Q weer 1 wordt.

ANALOOG - DIGITAAL OMVORMING VOLGENS DE TWEEDE METHODE.

Bij de analoog-digitaal omvorming wordt een aangroeiende spanning u_2 vergeleken met de om te vormen spanning U_1.
Bij de 1e *methode* laat men u_2 lineair aangroeien. u_2, neemt bijv. elke µs een bedrag van 1 mV toe, de frequentie van de generator is dan 1 MHz.
Zo telt een teller dan elke mV die erbij komt: 1, 2, 3, 4, 5, 6, enz.
Denk hierbij aan het wegen met de vele gewichtjes van 1 gram.

Bij de 2e *methode* laat men u_2 heel anders aangroeien. Daarbij gaat men te werk als bij het wegen met "binaire gewichten. We kunnen dit het beste toelichten aan de hand van een voorbeeld. Stel dat we een analoge spanning U_1 van 5,343 V digitaal gaan weergeven. We beschikken bovendien over een zogenaamde *referentie-spanning* van 8 V. Dit is een nauwkeurig vastliggende standaardspanning waarvan de waarde gelijk is aan die van het meetbereik.
Verder beschikken we over de deelspanningen:

$\frac{1}{2} \times 8V = 4$ V, $\frac{1}{4} \times 8V = 2$ V, $\frac{1}{8} \times 8V = 1$ V,
$\frac{1}{16} \times 8V = 0{,}5$ V, $\frac{1}{32} \times 8V = 0{,}25$ V, enzovoort



Bij het meten gaan we nu als volgt tewerk:

- U_1 wordt vergeleken met $u_2 = \frac{1}{2} U_R = 4$ V.
  Omdat U_1 groter is, wordt "1" genoteerd.
- U_1 wordt vergeleken met $u_2 = (\frac{1}{2}+\frac{1}{4}) U_R = 6$V
  Omdat U_1 kleiner is, wordt "0" genoteerd.
- U_1 wordt vergeleken met $U_2 = (\frac{1}{2}+\frac{1}{8}) U_R = 5$V
  Omdat U_1 groter is, wordt "1" genoteerd.
- U_1 wordt vergeleken met $u_2 = (\frac{1}{2}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}) U_R = 5{,}5$V
  Omdat U_1 kleiner is, wordt "0" genoteerd.
- U_1 wordt vergeleken met $u_2 = (\frac{1}{2}+\frac{1}{8}+\frac{1}{32}) U_R = 5{,}25$V
  Omdat U_1 groter is, wordt "1" genoteerd.
- U_1 wordt vergeleken met $u_2 = (\frac{1}{2}+\frac{1}{8}+\frac{1}{32}+\frac{1}{64}) U_R$ = 5,375V.
  Omdat U_1 kleiner is, wordt "0" genoteerd.

Zo kan men doorgaan. Bij elke volgende stap wordt U_1 beter door u_2 benaderd. De nauwkeurigheid hangt af van het aantal stappen dat genomen wordt.

VRAAG

Als men bij de meting de zes op vorig blad besproken stappen verricht, tussen welke spanningswaarden ligt U_1 dan volgens de meting?

Antwoord: De meting levert op dat U_1 ligt tussen de binaire waarden

	en		Dat wil zeggen tussen
V	en	V	

OEFENING

Men wil een spanning meten van 6,41 V. Om de meting te verrichten zijn 8 stappen mogelijk.

U_1 ligt tussen de binaire waarden

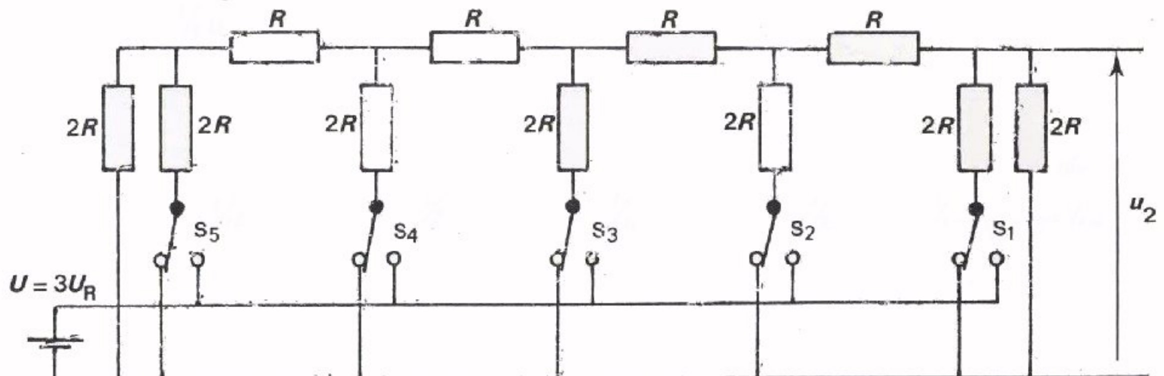
	en		Dat wil zeggen tussen
V	en	V	

Het "vergelijken" bij de ADC volgens de 2e methode gebeurt eveneens met een verschilversterker. De deelspanningen worden verkregen met behulp van een *ladder-netwerk* zoals dat reeds bij de DAC besproken is.

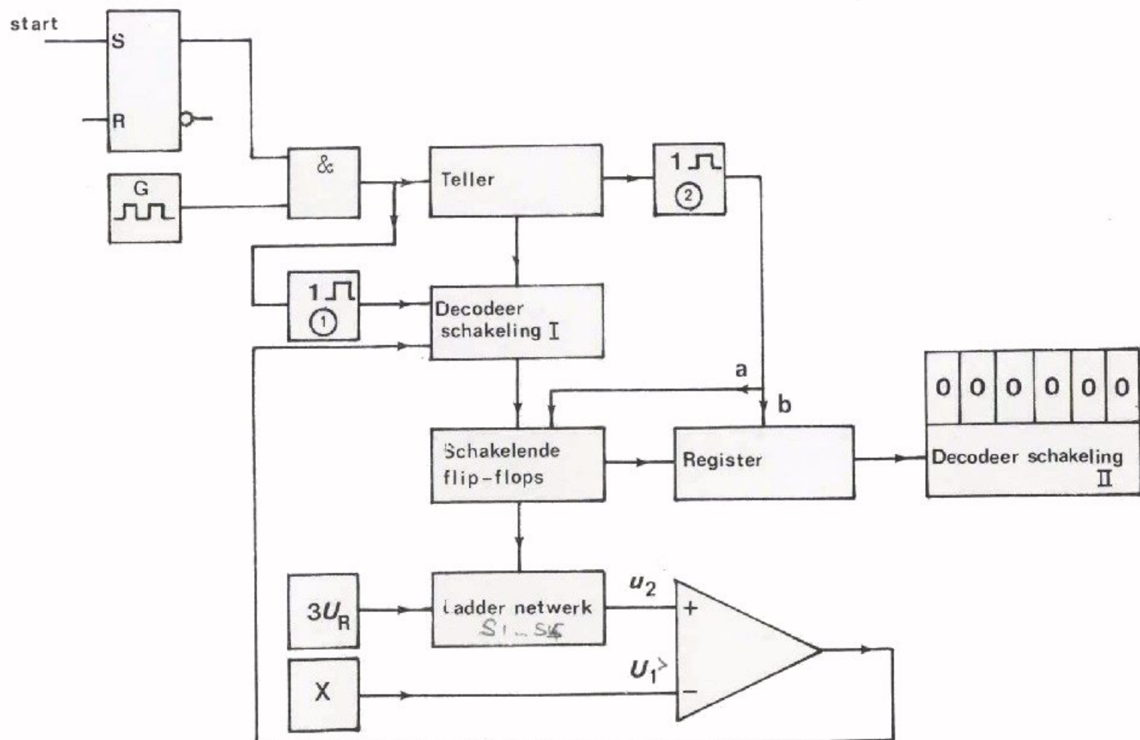
Op de volgende bladen wordt dit nader toegelicht.

DE TOEPASSING VAN HET LADDER-NETWERK IN DE ANALOOG-DIGITAAL OMVORMER.

Bij de analoog-digitaal omvorming wordt nu het ladder-netwerk volgens onderstaande schakeling toegepast. De getekende schakelaars worden met behulp van flip-flops bediend. Deze flip-flops worden op hun beurt door een teller gestuurd.



Het geschetste ladder-netwerk is nogal klein. In werkelijkheid past men veel meer trappen of secties toe. Het aantal bits waarin de spanning u_2 wordt uitgedrukt komt overeen met het aantal secties plus 1. Hoe meer secties, des te nauwkeuriger u_2 de waarde van de om te zetten analoge spanning U_1 kan benaderen. Hieronder is een vereenvoudigd blokschema van een analoog - digitaal omvormer met ladder-netwerk getekend. Bij de omvorming laat men u_2 zo goed mogelijk de om te vormen analoge spanning U_1 benaderen.



We lopen nu globaal het blokschema door. Stel $3U_R$ = EMK = 48 V dus U_R = 16 V. U_1 = 7,2 V dit is de te meten spanning.

Na het geven van een start-signaal aan de SR-flip-flop wordt de blokspanning van G via een AND-poort aan de teller toegevoerd. De teller begint te tellen.

Komt de teller in stand 1, dan wordt via decodeerschakeling I de eerste flip-flop geset en daardoor S 1 van het ladder-netwerk omgezet. Nu is $U_2 = U_r$ = 16 V. Deze u_2 wordt met de analoge spanning U_1 aan de verschilversterker toegevoerd. Omdat $u_2 > U_1$, wordt door het uitgangssignaal van de verschilversterkervia de decodeerschakeling I de eerste flip-flop gereset. Tevens wordt daardoor S1 teruggezet, waardoor weer $u_2 = 0$.

Daarna komt de teller in stand 2. Hierdoor wordt via decodeerschakeling I en de 2e flip-flop schakelaar S2 van het ladder-netwerk omgezet. Daardoor ontstaat $u_2 = \frac{1}{2} U_R$ = 8 V. Deze u_2 wordt met U_1 aan de verschilversterker toegevoerd. Omdat nu weer $u_2 > U_1$, wordt de 2e flip flop ook gereset en wordt S_2 teruggezet. u_2 blijft 0 V.

Komt de teller vervolgens in stand 3, dan wordt hierdoor via decodeerschakeling I en de 3e flip-flop, S3 omgezet. Daardoor ontstaat het bedrag $\frac{1}{4} U_R$ = 4 V. Omdat nu $u_2 < U_1$, wordt de 3e flip flop niet gereset. S_3 blijft gesloten en u_2 blijft 4 V.

Zo doorloopt de teller de gehele cyclus. Daarbij blijft S4 **wel / niet** en S5 **wel / niet** gesloten. Aan het einde van de cyclus wordt de U_1-waarde zo goed mogelijk door u_2 benaderd. De flip flop standen hebben dan binair de u_2-waarde vastgelegd en deze is aan masters van een register doorgegeven.

Het binaire getal is [   ] .

Aan het eind van de cyclus geeft de teller met behulp van de one shot ② een impuls af, die:

a. alle gesette flip flops reset

b. die de informatie van de register-masters doorgeeft naar de register-slaves; met behulp van decodeerschakeling II is deze informatie af te lezen.

SAMENVATTING

- *Digitale* informatie kan een beperkt aantal gegeven waarden aannemen. Voorbeeld: het aantal ogen dat een opgegooide dobbelsteen weergeeft (1, 2, 3, 4, 5 of 6).

- *Analoge* informatie kan elke willekeurige waarde innemen tussen een minimum en een maximum in.
  Voorbeeld: de hoogte van de kwikkolom van een thermometer.

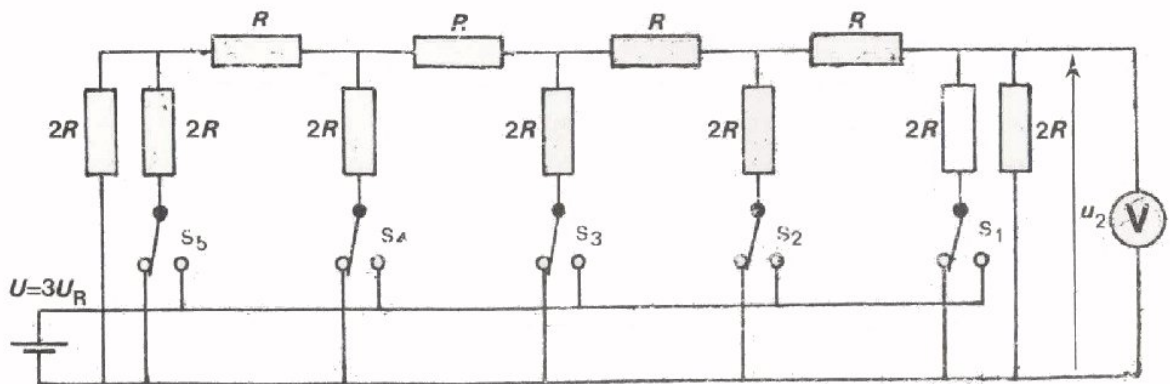
- Informatie wordt vaak verkregen met behulp van een *opnemer*.
  Voorbeeld van een opnemer die alleen digitale informatie verstrekt is een in een elektrisch circuit opgenomen schakelaar (bijv. reedcontacten: de schakelaar is óf gesloten óf open). Voorbeeld van een opnemer die analoge informatie kan verstrekken is een microfoon. Zo'n opnemer kan ook digitale informatie verstrekken.

- De *verwerking* van analoge informatie moet met analoge schakelingen geschieden. Dit gebeurt bijvoorbeeld in een geluidsversterker. Digitale informatie kan met digitale schakelingen geschieden zoals bijvoorbeeld in computers met NAND's, flip-flops, enz. Ook analoge schakelingen kunnen digitale informatie verwerken.

- Met behulp van *weergevers* kan men informatie waarneembaar maken. Een voorbeeld van een digitale weergever is een cijferbuis. Zo'n weergever kan alléén maar digitale informatie weergeven en geen analoge. Een voorbeeld van een analoge weergever is een draaispoelmeter. Behalve analoge informatie kan zo'n weergever ook digitale informatie weergeven.

- Onder *digitaal-analoog conversie* of DAC verstaat men een aangeboden digitale informatie met een analoge weergever waarneembaar maken.
- Onder *analoog-digitaal conversie* of ADC verstaat men een aangeboden analoge informatie digitaal benaderen en weergeven. Conversie is een ander woord voor "omvorming".

- DAC kan geschieden met behulp van het getekende ladder-netwerk.
  De bits "1" en "0" van de binair gegeven informatie laat men via flipflops de schakelaars van het ladder-netwerk bedienen. Daardoor ontstaat aan de uitgang een spanning u_2 waarvan de grootte overeenkomt met het binair gegeven. Deze spanning u_2 is met een analoge weergever waarneembaar te maken.



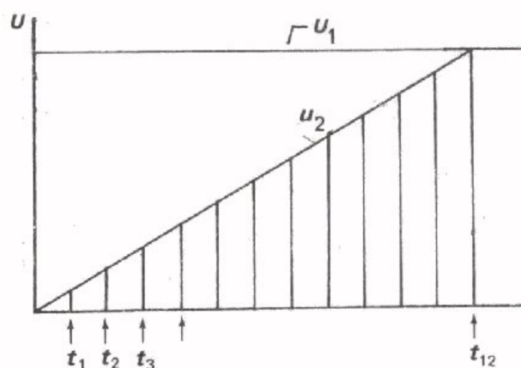
- De werking van het ladder-netwerk berust op het zogenaamde *superpositie-beginsel*.

  - als allêén S1 wordt omgezet, is alleen in deze 1e verticale tak een spanning werkzaam. Deze veroorzaakt $u_2 = U_R$.
  - als allêén S2 wordt omgezet, is alleen in deze 2e verticale tak een spanning werkzaam. Deze veroorzaakt $u_2 = \frac{1}{2} U_R$.
  - als zowel S1 als S2 worden omgezet, is zowel in de 1e als in de 2e verticale tak een spanning werkzaam. Volgens het superpositie-beginsel is u_2 nu gelijk aan de som van de vorige waarden:

$$u_2 = U_R + \frac{1}{2} U_R.$$

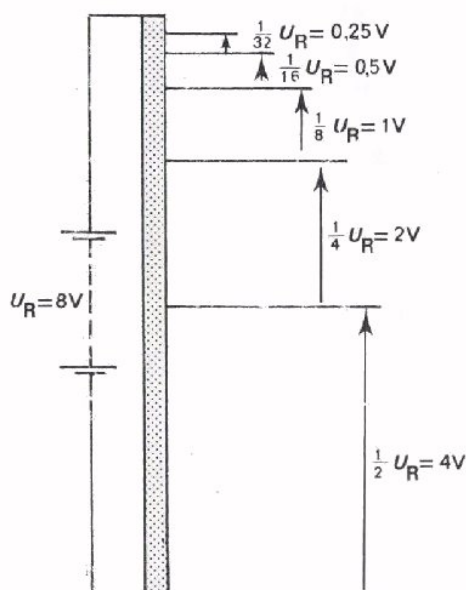
ADC kan in principe op twee manieren geschieden:

- De eerste manier komt overeen met het wegen met een groot aantal evenzware gewichtjes van bijv. elk 1 gram. Bij deze methode laat men een *lineair* aangroeiende spanning u_2 de analoog gegeven spanning U_1 zo goed mogelijk benaderen. Tijdens het aangroeien van u_2 laat men een teller tellen, bijv. elke 1 µs wordt 1 mV geteld. Zodra u_2 gelijk is geworden aan de om te vormen spanning U_1 laat men de teller stoppen. Via een decodeerschakeling is de digitale uitkomst van het tellen dan af te lezen.



(momenten waarop aan de teller een impuls wordt toegevoerd)

• De tweede manier komt overeen met het wegen met zogenaamde "binaire" gewichten. Deze wegen bijv. $2^0 = 1$ gr, $2^1 = 2$ gr, $2^2 = 4$ gr, $2^3 = 8$ gr, enz. Eerst kijkt men of de te wegen massa *m* zwaarder is dan het zwaarste binaire gewicht. Als dit het geval is, plaatst men het volgende binaire gewicht erbij en kijkt of *m* zwaarder is dan de 2 gewichten samen. Enz. Op deze wijze vindt men de bits "1" en "0" van de binair geschreven waarde van massa *m*.



Bij deze methode geschiedt het aangroeien van de spanning u_2, die de te meten spanning U_1 moet vergelijken, *niet*-lineair.

Met een *ladder-netwerk* en een *referentie-spanning* beschikt men over $\frac{1}{2}\,U_R$, $\frac{1}{4}\,U_R$, $\frac{1}{8}\,U_R$, enz.

Men begint na te gaan of U_1 groter is dan $\frac{1}{2}\,U_R$. Zo ja, dan onderzoekt men daarna of U_1 groter is dan $(\frac{1}{4}+\frac{1}{2})\,U_R$. Zo neen, dan gaat men vervolgens na of U_1 groter is dan $(\frac{1}{2}+\frac{1}{8})\,U_R$, enzovoort.

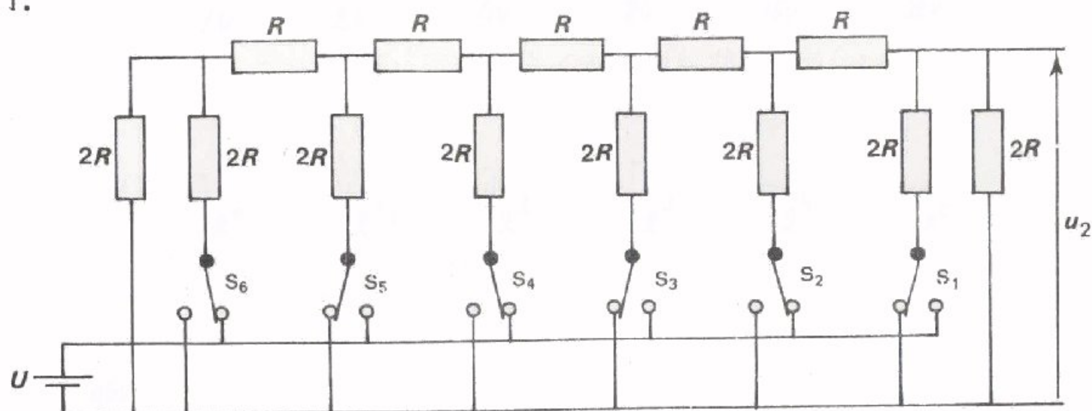
Op deze wijze vindt men de bits "1" of "0" van de binair geschreven spanning u_2, die de te meten spanning U_1 benadert.

De tweede methode is sneller en kan nauwkeuriger zijn dan de eerste. De eerste methode is de eenvoudigste en de goedkoopste.

NAAM: ______ KLAS: ______

OEFENINGEN

1.



De aan het ladder-netwerk toegevoerde spanning U bedraagt 96 V.

Bij de getekende schakelaarstanden is:

u_2 = [V+ V+ V+ V+ V+ V]

= [V]

De waarde van deze spanning binair uitgedrukt in 6 bits is: [ ]

Schakelaar S1 zorgt voor het bit met het gewicht [ ]

Schakelaar S6 zorgt voor het bit met het gewicht [ ]

Komt nu de "binaire spanning" uitgedrukt in 6 bits overeen met de schakelaarstanden ? **ja / nee**

2.

We nemen een stuk ijzer dat naderhand 10 kg blijkt te wegen. Om dit stuk ijzer met gewichtjes van 1 gr te wegen heeft men

[ ] gewichtjes nodig die men stuk voor stuk moet tellen.

Om hetzelfde stuk ijzer met "binaire" gewichten te wegen, waarvan het lichtste 1 gr weegt, moet men over [ ] gewichten beschikken.

Hiervan hebben [ ] tezamen het gewicht van 10 kg. Dit zijn

de gewichten van [ ]

Het binaire getal is [ ]

We noemen een gewicht op de weegschaal plaatsen een handeling.

Bij de 1e manier van wegen zijn [ ] maal zoveel handelingen nodig als bij de 2e manier van wegen.

D 29 UITGANGSTRAPPEN

In voorgaande les heeft U kennis gemaakt met ADC en DAC. Geef zelf nog eens de betekenis van deze afkortingen.

ADC is

DAC is

Bij de ADC zijn twee methoden besproken om deze omvorming te verwezenlijken. De eerste komt overeen met het wegen met vele gewichtjes van bijv. 1 gr. De tweede komt overeen met het wegen van "binaire" gewichten. Daarbij is een referentiespanning en een laddernetwerk nodig. Het genoemde laddernetwerk is uitvoerig behandeld. Tevens het zogenaamde superpositiebeginsel, waarop de werking van het netwerk berust.

Bij de DAC is besproken hoe het laddernetwerk is te gebruiken om deze omvorming tot stand te brengen.

In deze les kijken we naar de uitgang van een digitaal informatieverwerkend systeem. We kijken wat er nodig is tussen de digitale schakeling en het apparaat dat moet worden bestuurd. Met een voorbeeld verduidelijken wij wat we bedoelen.

Bij de automatische deurbediening waarover in D11 gesproken is, wordt een motor bediend die de deuren opent en sluit. De motor trekt daarbij een vrij grote stroom, terwijl de besturing met een tamelijk kleine stroom gebeurt. Tussen de digitale schakeling en de motor is daarom een zogenaamde *uitgangstrap* nodig. De uitgangstrap is een component of een schakeling die met vrij kleine vermogens gestuurd wordt, maar zelf veel grotere vermogens kan in- en uitschakelen.

De volgende uitgangstrappen worden besproken:

Relais: kleine relais die direct uit logica schakelingen bediend worden, en schakelingen voor grote relais die via een versterker uit de logicaschakelingen bediend worden.

Thyristor- en triac-schakelingen met digitale besturing.

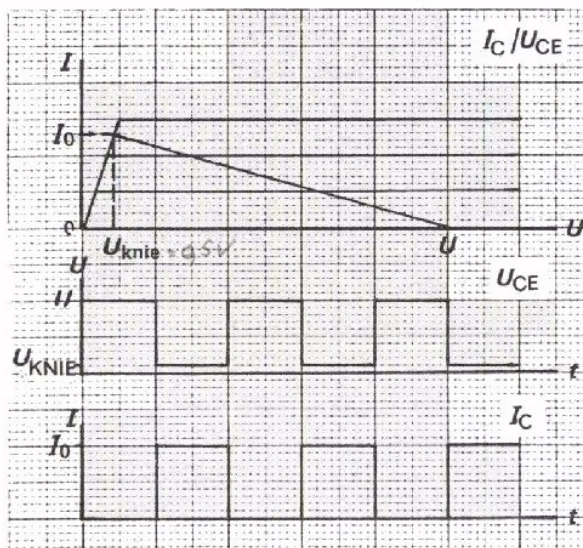
Ook bij de uitgangstrappen kunnen we lang niet volledig zijn. De componenten en schakelingen die hier besproken worden komen in de praktijk vaak voor.

DE TRANSISTOR ALS SCHAKELAAR.

De transistor als schakelaar is al eerder besproken. We hebben toen gezien dat:

- de schakelende transistor zelf maar een klein vermogen opneemt omdat de stroom laag is als de spanning hoog is en de spanning laag is als de stroom hoog is.
- over de "schakelaar" slechts een kleine restspanning $U_{CE(KNIE)}$ aanwezig blijft, als de schakelaar stroom doorlaat.

We hebben ons toen niet druk gemaakt over de niet-ideale steilheid van de flanken van de impulsen. Deze niet-ideale flanken zijn soms de oorzaak dat een te groot vermogen in de "schakelaar" gedissipeerd wordt.



Op de dissipatie van de als schakelaar gebruikte transistor gaan we nu wat dieper in.

Hier zijn de enigszins geïdealiseerde karakteristieken getekend van een transistor die als schakelaar wordt gebruikt.

De collectorspanning wordt geschakeld tussen U en U_{knie}, terwijl de stroom varieert tussen 0 en I_0.

Is de flank van de impuls verticaal dan is bij een symmetrische blokspanning het vermogen dat in de transistor achterblijft gelijk aan:

$$P_C = \tfrac{1}{2} \cdot I_0 \cdot U_{KNIE}$$

Aan de belasting wordt dan een vermogen toegevoerd, dat gelijk is aan:

$$P_L = \tfrac{1}{2} \cdot I_0 \cdot (U - U_{KNIE}).$$

Voorbeeld:

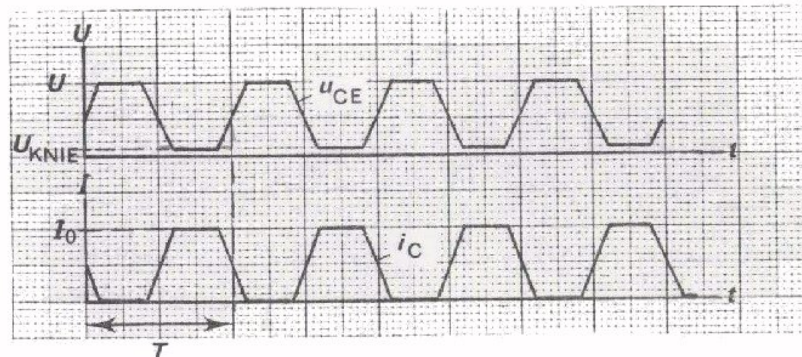
$U = 10$ V, $U_{KNIE} = 0{,}5$ V en $I_0 = 100$ mA

De transistordissipatie is $P_C = \tfrac{1}{2}.I_0.U_{KNIE} = \tfrac{1}{2}.100.10^{-3}.0{,}5 = 25$ mW.

Het vermogen in de belasting is $P_L = \tfrac{1}{2}.I_0.(U-U_{KNIE}) = \tfrac{1}{2}.100.10^{-3}(10-0{,}5) =$ 475 mW

In de belasting gaat een [ ] maal zo groot vermogen zitten als in de schakelaar.

Zonder de berekeningen uit te voeren geven we het resultaat voor een symmetrische impuls met de wat overdreven schuine flank volgens onderstaande figuren.



$$P_C \simeq \tfrac{1}{4}\, I_0 \cdot U_{KNIE} + \frac{1}{12} I_0 U.$$

$$P_L = \underbrace{\tfrac{1}{4}\, I_0 (U - U_{KNIE})} + \underbrace{\frac{1}{6} I_0 \, (U - U_{KNIE})}$$

Vermogen tijdens: $\quad i_C = I_0 \qquad$ de flanken

Nemen we als voorbeeld dezelfde waarden voor U, U_{KNIE} en I_0 dan volgt:

$$P_C = \tfrac{1}{4}.100.10^{-3}.0,5 + \frac{1}{12}.100.10^{-3}.10 = (12,5 + 83,3)10^{-3} \simeq 96 \text{ mW}$$

$$P_L = \tfrac{1}{4}.100.10^{-3}(10-0,5) + \frac{1}{6}\, 100.10^{-3}(10-0,5) = (237,5+158,4)10^{-3} \simeq 396 \text{ mW}$$

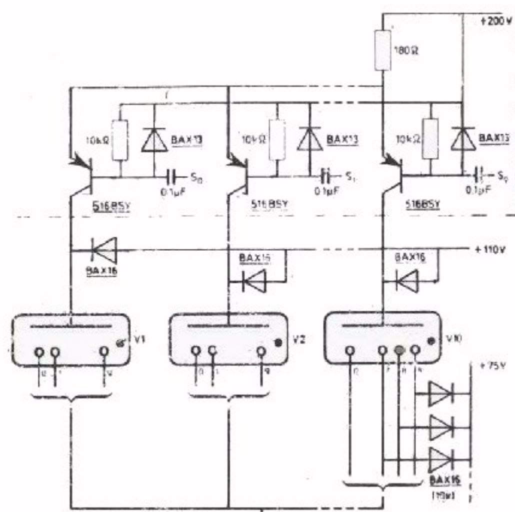
In de belasting gaat nu ☐ maal zo groot vermogen zitten als in de transistor als "schakelaar".

In de transistor wordt nu bij deze spanningenvorm een ☐ maal groter. vermogen gedissipeerd als bij de spanningsvorm met verticale impulsen.

ENKELE VOORBEELDEN VAN UITGANGSTRAPPEN.

1. Met een transistor als schakelaar is het mogelijk een groot vermogen in- en uit te schakelen, terwijl de transistor maar een tamelijk klein vermogen opneemt.
2. Een transistor als schakelaar moet liefst zo snel mogelijk de stroom in- en uitschakelen. Door niet-snel schakelen neemt de transistor meer vermogen op en kan defect raken.

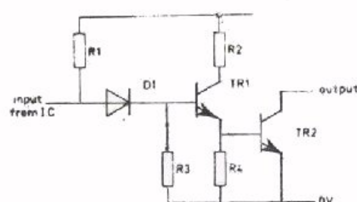
Beide eigenschappen zijn van belang bij het gebruik van transistors in uitgangstrappen. De uitgangstrappen zijn nodig om een groot vermogen te kunnen schakelen. De sturende transistor houdt men daarbij zo klein mogelijk.



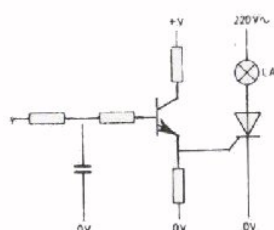
Dit is een deel van een schakeling waarbij cijferindicatorbuizen (V1 t/m V10) gestuurd worden vanuit een informatieverwerkend systeem.

De transistors 516 BSY doen hier bij dienst als uitgangstrappen. De cijferindicatorbuizen doen dienst als collectorimpedantie.

De stuurspanningen S_o t/m S_g worden aan de basis van de uitgangstrappen toegevoerd.



De hiernaast getekende uitgangstrap met twee transistors (TR1 = BFY51 en TR2 = BFY50) is geschikt voor het leveren van 1000 mA aan een willekeurige belasting.

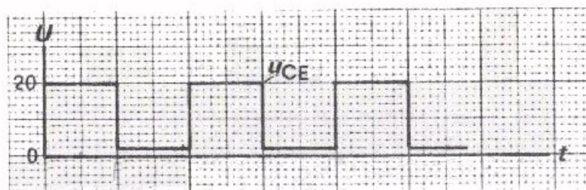


Deze uitgangstrap wordt gebruikt om een thyristor te sturen. De thyristor is in serie met een lamp opgenomen. De thyristor wordt geleidend en de lamp gaat branden als een voldoende hoge spanning op de ingang wordt aangesloten.

Deze en andere uitgangstrappen worden op volgende bladen besproken.

OEFENINGEN:

1. Een transistor wordt geschakeld door een symmetrische impuls.



De te schakelen stroom bedraagt 0,5 A.

U_{KNIE} = 0,3 V

Hoe groot is het in de collector gedissipeerde vermogen ?

P_C = [W]

Hoe groot is het vermogen dat in de belasting gedissipeerd wordt ?

P_L = [W]

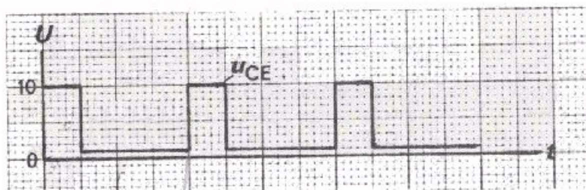
Als de transistor in verzadiging is, geldt U_{BE} = 0,8 V en h_{FE} = 20

Hoe groot is het vermogen dat in de basis wordt gedissipeerd ?

P_B = [W]

Het te schakelen vermogen dat in de belasting gedissipeerd wordt is [ ] maal zo groot als het totale vermogen dat door de transistor opgenomen wordt.

2. Een transistor wordt geschakeld met een ideale impulsvormige spanning zoals hier getekend. De stroom die geschakeld moet worden is 1 A.



U_{KNIE} = 0,4 V

Hoe groot is het vermogen dat in de collector wordt gedissipeerd ?

P_C = [W]

Hoe groot is het in de belasting gedissipeerde vermogen ?

P_L = [W]

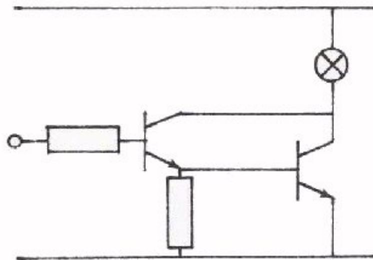
3. Een transistor wordt geschakeld met een symmetrische blokspanning. De transistor kan maximaal 50 mW dissiperen. De voedingsspanning bedraagt 15 V. U_{KNIE} = 0,6 V. De te schakelen stroom is 100 mA.

h_{FE} = 10. Bij U_{BE} = 1 V is de transistor in verzadiging.
Hoe groot mag het vermogen zijn dat als gevolg van niet ideaal steile flanken in de transistor wordt gedissipeerd ?

P = [W]

UITGANGSTRAP MET INDICATIELAMPJE.

In de LED-modul bevinden zich enkele uitgangstrappen. Deze uitgangstrappen worden gebruikt voor het sturen van indicatielampjes of voor het sturen van LED's.

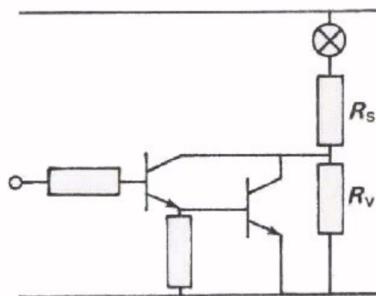


Zo'n lampje van 20 mA kan niet direct door een NAND- of een NOR-schakeling bediend worden, aangezien deze de vereiste stroom niet kunnen leveren. De transistors doen dienst als stroomversterkers.

Een nadeel van een gloeilampje in deze toepassing is het grote verschil tussen de weerstand van het lampje als deze koud is en de weerstand van het lampje als deze gloeit. Door de kleine "koud-weerstand" kan de inschakelstroom wel 6 à 10 maal zo groot zijn als de stroom die nodig is om het lampje gloeiend te houden.

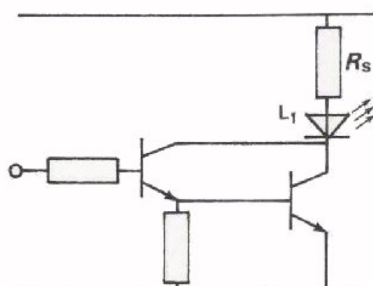
De grote inschakelstroom is te vermijden door:

- een weerstand R_s met het lampje in serie te schakelen. De totale weerstand verandert dan minder.
- het lampje bij "0"-indicatie reeds een kleine stroom te laten voeren. Hierdoor gaat het lampje nog net niet gloeien, maar wordt het wel zóveel verhit dat de weerstand al behoorlijk is toegenomen.
- Een combinatie van beide methoden.



Deze combinatie is hiernaast getekend. De serieweerstand R_s vergroot de totaalweerstand. De weerstand R_v zorgt ervoor dat het lampje in de "0"-toestand toch reeds enige stroom voert.

Op het paneel kan inplaats van een gloeilampje ook een LED toegepast zijn. Deze LED's geven voldoende licht als de stroom $\approx$ 20 mA is bij $U_V = 1{,}2$ V.



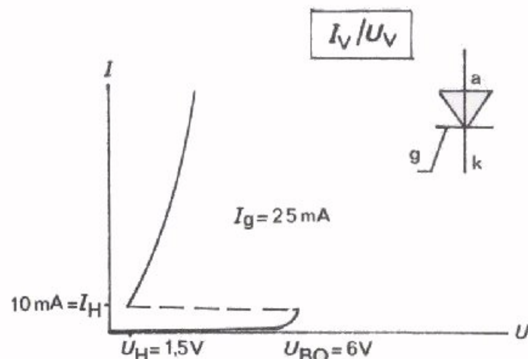
In de modul is deze stroom teruggebracht tot 10 mA. Hiertoe is een weerstand in serie met de LED aangesloten op de uitgangstrap. Deze uitgangstrap heeft het voordeel dat de voedingsspanning van lampje of LED onafhankelijk gekozen kan

SAMENVATTING THYRISTOR EN TRIAC.

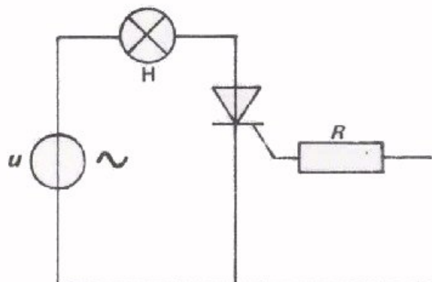
In het B-deel van deze cursus zijn de thyristor en de triac besproken. Zij worden in uitgangstrappen veel toegepast. Thyristors en triac's zijn namelijk:

- gemakkelijk vanuit digitale schakelingen te bedienen.
- geschikt om de netspanning in- en uit te schakelen.

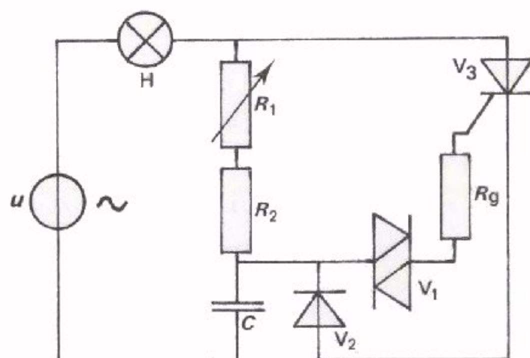
We herhalen eerst enkele van de belangrijkste eigenschappen en begrippen van deze componenten.

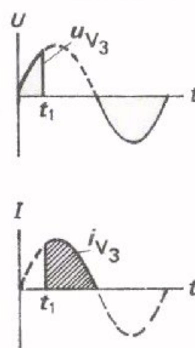


- Dit is de thyristorkarakteristiek bij een gatestroom I_G van 25 mA.
  U_{BO} = doorslagspanning
  U_H = houdspanning
  I_H = houdstroom
  Bij I_G = 0 (zwevende gate) is U_{BO} ongeveer gelijk aan 700 V.



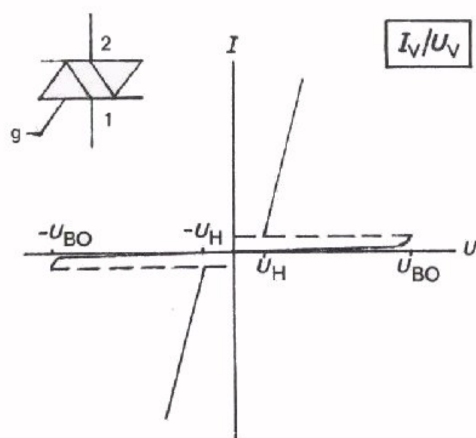
- Een eenmaal geleidende thyristor blijft geleiden zolang anode a voldoende positief is ten opzichte van de kathode k ($U_V \geq U_H$)
- Door middel van impulsen op de gate kan men een thyristor sturen. De thyristor kan dan gedurende een deel van de positieve periodehelften geleidend blijven. Zo is het mogelijk door middel van een *tijdregeling* het vermogen dat bijvoorbeeld aan gloeilampen wordt toegevoerd kleiner of groter te maken.



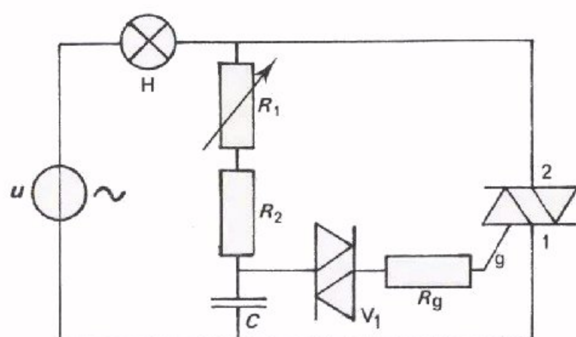


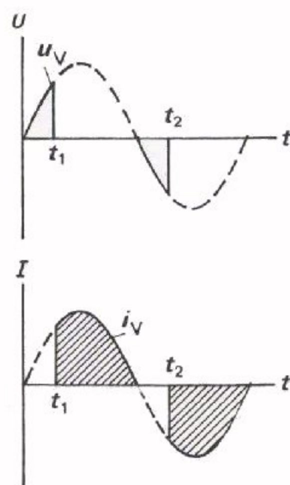
- Met deze schakeling verkrijgt men een *halve periode-regeling*. R_G dient ter beveiliging van de thyristoringang. Met *diac* V1 worden de gateimpulsen opgewekt. Diode V2 dient om diac-impulsen tijdens de negatieve periode-helften te voorkomen. In de grafieken vindt U de spanning over en de stroom door de thyristor V_3. Met R_1 is het produkt $(R_1 + R_2).C$ te regelen, dat bepalend is voor tijdstip t_1 waarop de diacimpuls komt.

- Een volledige *periode-regeling* is mogelijk met twee thyristors. Deze kunnen dan door één diac worden gestuurd, waarbij diode V2 over de *C* wordt weggelaten.
- Handiger is een volledige periode-regeling toe te passen met behulp van een triac. Dit is een soort dubbelthyristor. Hiernaast staan symbool en karakteristiek van een triac.



- Een eenmaal geleidende triac blijft geleiden zolang voldoende spanning tussen 2 en 1 aanwezig is ($U_D \geqq U_H$).
- Hiernaast een schakeling voor volledige periode-regeling met behulp van een triac. Daaronder het verloop van spanning over- en stroom door de triac. R_g dient ter beveiliging van de triac-ingang. Diac V1 wekt de impulsen op de momenten t_1 en t_2 op. Deze tijdstippen zijn te varieren met behulp van R_1; het produkt $(R_1 + R_2).C$ wordt dan veranderd. Nu ontbreekt de diode over de *C*, zodat zowel tijdens de positieve- als de negatieve periodehelften impulsen worden opgewekt.



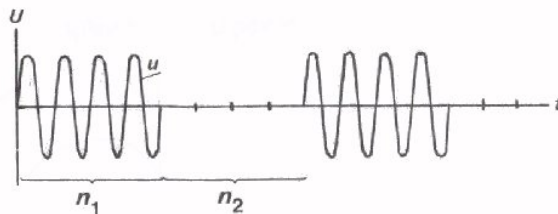


- Bij al deze regelingen wordt van *elke* periode telkens slechts een *deel* gebruikt. Men spreekt wel van de methode met "*fase aansnijding*". Telkens wordt een bepaalde *fase*-hoek doorlopen tussen de nuldoorgang van de sinus en het inschakelen van de stroom.

TIJDSPROPORTIONELE VERMOGENSREGELING.

Een andere met triacs veel toegepaste manier om vermogen te regelen is de *tijdsproportionele regeling.*

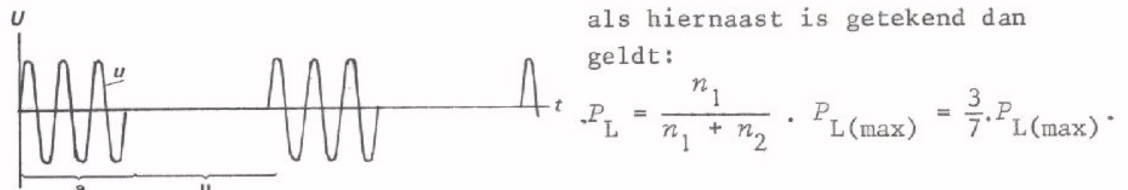
Dit houdt in dat de belasting afwisselend gedurende een aantal perioden n_1 wordt aangesloten en gedurende een aantal perioden n_2 wordt uitgeschakeld. Het toegevoerde vermogen is dan evenredig met de verhouding $\frac{n_1}{n_1 + n_2}$



In het getekende voorbeeld is het toegevoerde vermogen:

$$P_L = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \cdot P_{L(max)} = \tfrac{1}{2} \cdot P_{L(max)} .$$

Wordt de verhouding gekozen zo als hiernaast is getekend dan geldt:



$$P_L = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \cdot P_{L(max)} = \frac{3}{7} \cdot P_{L(max)} .$$

Deze tijdsproportionele regeling heeft de volgende eigenschappen.

- Het is mogelijk "op de nuldoorgang" van de sinusvormige stroom in te schakelen, waardoor geen stroompieken in het net ontstaan. De regeling veroorzaakt daardoor minder storing.
- De frequentie van het in- en uitschakelen (de regelfrequentie) is veel lager dan de frequentie van de voedingsspanning. Bij verlichtings regeling vanuit een 50 Hz netvoeding ontstaat een hinderlijk flikkeren van de verlichting. Voor verlichtingsregeling is de methode daarom onbruikbaar.

1. Als in het gegeven eerste voorbeeld de netfrequentie 50 Hz bedraagt, hoe groot is daar dan de regelfrequentie ?

f_r = [Hz]

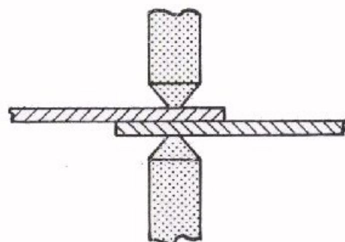
2. Hoe groot is het kleinste vermogen dat aan de belasting kan worden toegevoerd als $P_L \neq 0$ en de regelfrequentie 1/5 van de netfrequentie bedraagt ?

$P_{L\ min}$ = [x $P_{L\ max}$]

De tijdsproportionele regeling (engels: time proportional) wordt toegepast in het hierna volgende voorbeeld van een uitgangstrap waarmee een puntlas-machine wordt bestuurd.

DE PUNTLAS-MACHINE

Er zijn talloze toepassingen van uitgangstrappen met thyristors of triacs. Het voert veel te ver om op al deze mogelijkheden in te gaan. Wij beperken ons daarom tot het geven van één voorbeeld. Het automatische bedienen van een puntlasmachine. Eerst vertellen we iets over het principe van puntlassen.

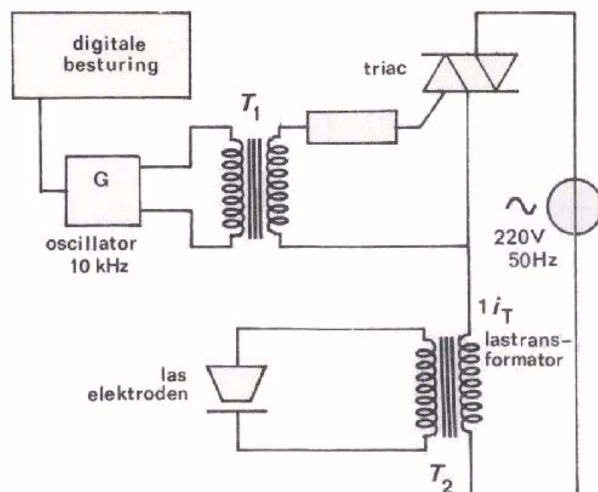


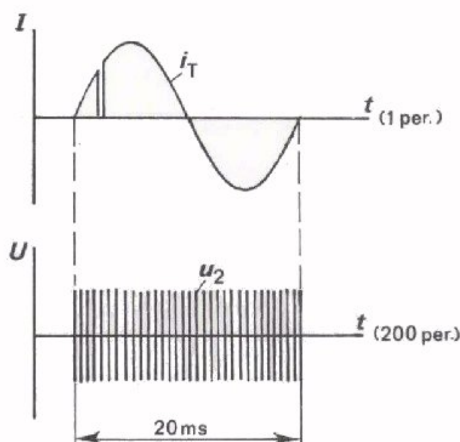
Puntlassen is een methode om twee metalen platen met elkaar te verbinden. De te verbinden platen worden eerst met behulp van twee elektroden stevig tegen elkaar aangedrukt. Vervolgens wordt gedurende korte tijd via de elektroden een grote elektrische stroom door de lasplaat gestuurd. Hierdoor worden de platen plaatselijk zō sterk verhit, dat ze aan elkaar smelten.

Aangezien de weerstand van het tussen de elektroden geklemde plaatmateriaal zeer klein is, is voor het puntlassen een *grote stroom* en een *zeer kleine spanning* nodig. Grote stroom en zeer kleine spanning kan men goed verkrijgen door wisselstroom te gebruiken. Dan is met behulp van een transformator de netspanning tot een zeer lage spanningswaarde te transformeren. De daarvoor gebruikte "*lastransformator*" moet secundair zonder al te veel spanningsverlies een stroom van enkele tientallen ampère kunnen afgeven. De secundaire wikkeling is daarom van zeer dik draad gewikkeld.

De te bespreken automatische puntlasmachine is zō ingericht, dat gedurende een gewenst aantal *hele perioden*, wisselstroom door de lasplaats gevoerd kan worden. Men kan de machine instellen op stroom-doorvoer gedurende 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 of 9 perioden.

AUTOMATISCHE BEDIENING VAN EEN PUNTLASMACHINE



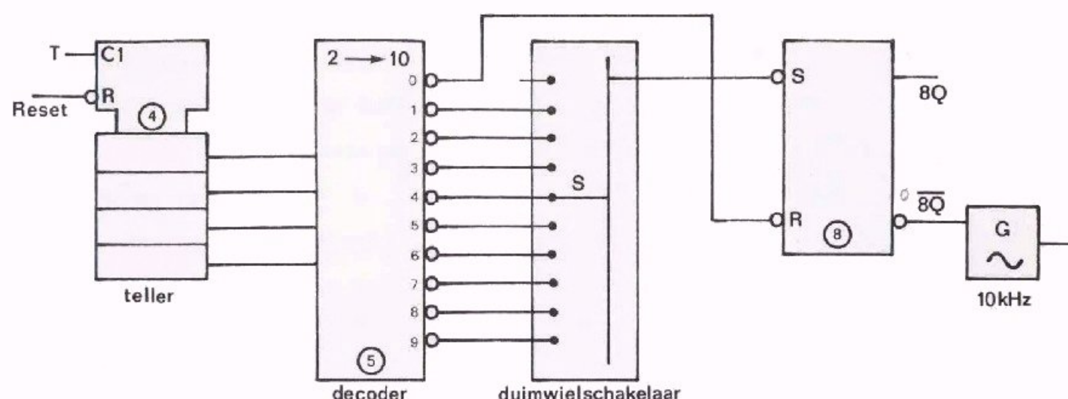


Hiernaast is in een principeschema weergegeven hoe met behulp van een digitale besturing het puntlassen automatisch kan plaatsvinden. Het wisselspanningsnet levert via een triac gedurende een heel aantal perioden stroom aan de lastransformator. Bij schakelingen met thyristors of triacs kunnen door het plotseling inschakelen van een grote stroom sterke stoorspanningspieken optreden. Deze storingen zijn ongewenst voor digitale schakelingen. Daarom houdt men het triac- (resp. thyristor-)circuit altijd galvanisch gescheiden van het digitale gedeelte door middel van een transformator. in ons voorbeeld is dit T_1. De digitale besturing zorgt ervoor dat vanaf het *begin* van een periode een oscillator via T_1 een wisselspanning tussen g en elektrode 2 van de triac levert. Gedurende een in de "digitale besturing" van tevoren ingesteld aantal *hele* perioden blijft de oscillator u_2 leveren. Hierdoor levert het net dan zowel gedurende de positieve- als de negatieve periodehelften een stroom i_T via de triac aan de lastrafo. Als oscillatorspanning is

aan de lastransformator. Als os kozen die een veel hogere frequentie heeft (f = 10 kHz) dan de netfrequentie. Hierdoor wordt de triac al direct aan het begin van een periodehelft in geleiding gebracht. Bovendien heeft de hoge f_{osc} nog het volgende voordeel. Als door een netspanningsstoring de i_T tijdens een halve periode even onderbroken wordt (zie grafiek), zal door de aanwezige u_2 de triac vlak daarna weer in geleiding gebracht worden. Een kortdurende storing is zo vrijwel niet van invloed op het lassen.

De digitale besturing zorgt ervoor dat de oscillator juist gedurende het gewenste aantal hele perioden de spanning u_2 verzorgt. Dit gebeurt met een *teller*, die de oscillator via een flip-flop stuurt. Op het volgende blad gaan we hier nader op in.

EEN 10 kHz-OSCILLATOR, BESTUURD DOOR EEN TELLER.



Hierboven is een schakeling getekend voor het sturen van een 10 kHz generator.

Een BCD-teller ④ wordt gevolgd door een binair-decimaal decodeerschakeling ⑤. Via een duimwielschakelaar met 10 standen wordt een SR-flip-flop gestuurd die voor de besturing van de 10 kHz oscillator dient.

Aan de teller ④ worden impulsen toegevoerd die afgeleid zijn van de voedingsspanning (50 Hz) van het lasapparaat. De teller telt op die manier het aantal perioden van de voedingsspanning dat sinds de inschakeling van het apparaat is verlopen. Via de decodeerschakeling ⑤ worden de uitgangen 1, 2, 3 enz. achtereenvolgens gedurende één periode op "0" niveau gebracht. In stand 1 wordt dit na één periode van het kloksignaal bereikt en in stand 4 nà vier perioden. Alle andere uitgangen zijn dan "1". In de getekende stand wordt dus na vier perioden een "0" toegevoerd aan de SR-flip-flop ⑧, S = "0" en R = "1". Hierdoor wordt $\overline{8Q}$ = "0".

De toestand $\overline{8Q}$ = 0 blijft behouden totdat de teller ④ een reset-impuls ontvangt waardoor de decoder ⑤ op de uitgang 0 de "0" toestand verkrijgt en de SR-flip-flop gereset wordt. De uitgang $\overline{8Q}$ wordt nu "1".

Generator G werkt alléén zolang geldt: $\overline{8Q}$ = 1. Deze generator levert dan een sinusvormige spanning met een frequentie van 10 kHz.

VOORBEELD

Aan T worden impulsen toegevoerd afgeleid van de netfrequentie. Dit betekent dat iedere 20 ms een impuls toegevoerd wordt aan de teller ④. Als de teller een Reset impuls heeft gekregen wordt de generator gestart en wekt een wisselspanning op met een frequentie van 10 kHz. Omdat S in stand 4 staat, zal na vier telimpulsen de SR-flip-flop geset worden en de generator G stoppen.

De generator heeft dan gedurende 4 x 20 ms een wisselspanning opgewekt. In deze tijd zijn 800 perioden door de generator opgewekt.

50Hz ~

ontstorings filter

S_1 en de laselektroden zijn mechanisch gekoppeld

las elektroden

G ~

8Q

$\overline{8Q}$

7Q

S_1

duimwielschakelaar

2 → 10

C1

R

T

A

50Hz ~

u_{net}

u_1

t_s

U

t

D29.13

DE DIGITALE BESTURING VAN DE PUNTLASMACHINE

Het volledige schema van de installatie staat op het vorige blad. De werking is als volgt:

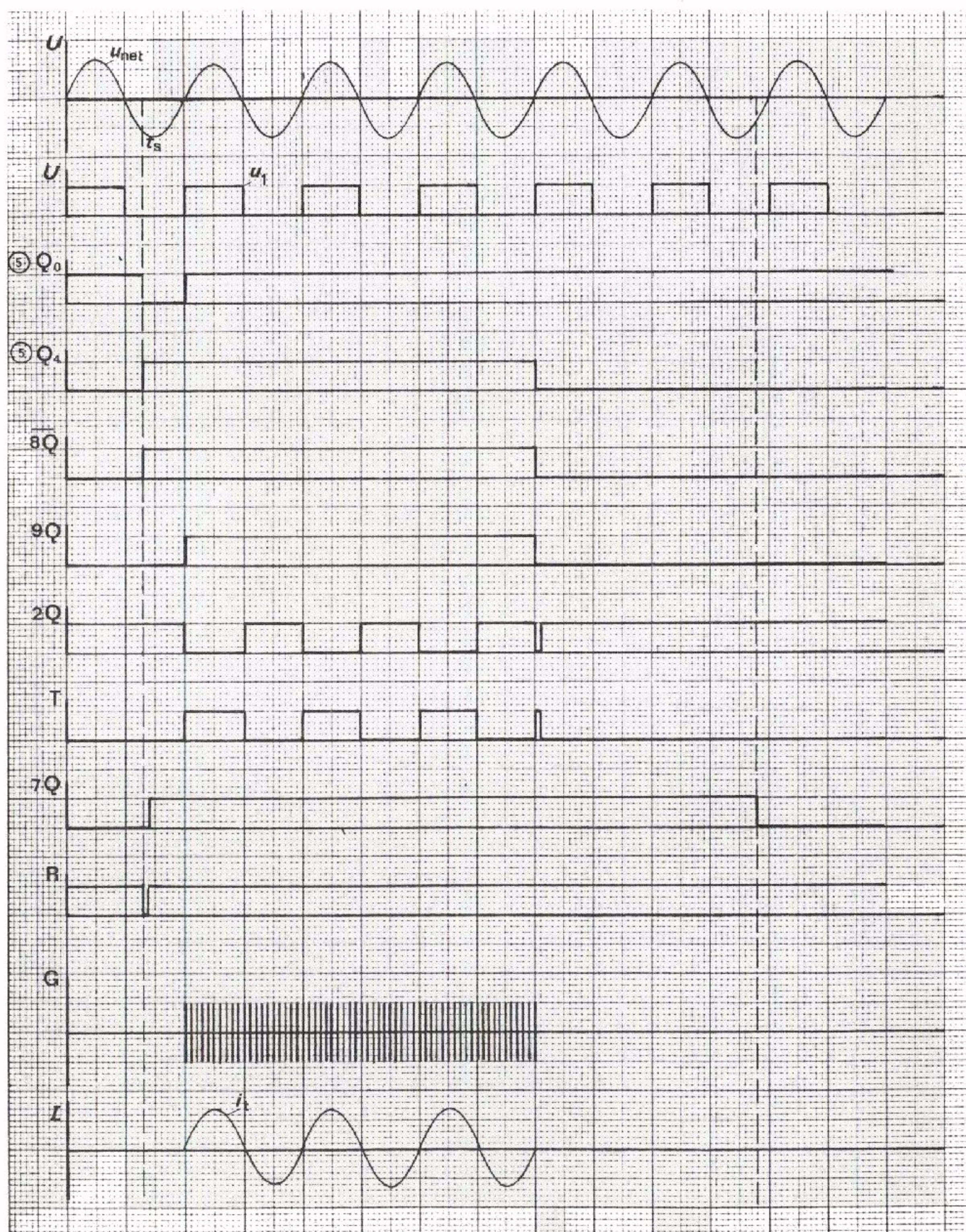
- voor het sturen van de teller zijn impulsen nodig. Deze worden in dit geval verkregen door een van de netspanning afgeleide wisselspanning van 50 Hz aan een Schmitt-trigger toe te voeren. Deze levert dan een impulsspanning u_1. Deze spanning tezamen met de netspanning zijn onder het schema getekend.
- Het puntlassen wordt op gang gebracht door de te lassen platen tussen de laselektroden te klemmen. Dit geschiedt nagenoeg mechanisch met een handel die bijv. met de voet bediend kan worden. Tevens wordt daardoor S1 omgeschakeld. Stel dat dit gebeurt op tijdstip $t = t_s$.
- Met de nu volgende oefening kunnen we de werking van deze besturing nu stap voor stap zelf nagaan.
- In de begintoestand is 7Q = 0.

Op het moment $t = t_s$ wordt schakelaar S1 omgezet.
Hiervoor wordt de R-ingang van ④ (punt A) [0 / 1] .
Teller ④ wordt hierdoor [geset / gereset] waardoor de decoder ⑤ op zijn uitgang [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9] een "0" krijgt.
Alle andere uitgangen staan dan op [0 / 1] .
De R-ingang van ⑧ wordt [0 / 1] en $\overline{8Q}$ = [0 / 1] .
NAND ② krijgt nu op ingang 2 een "1", terwijl ingang 1 een "0" krijgt aangeboden (moment van inschakelen).
Uitgang van NAND ② is daarom [0 / 1] . Door de one shot ⑩ , die een "1" geeft, en door de uitgang ②, zal de uitgang van NAND ⑥ [0 / 1] worden. SR-flip-flop ⑦ wordt hierdoor [geset / gereset] .
Via S1 wordt nu [0 / 1] doorgegeven aan de teller ④ en deze kan nu gaan tellen.
Zodra een klokimpuls op teller ④ verschijnt, komt de decoder in de stand 1 en wordt uitgang 0 dan "1". Hierdoor wordt de ingang 2 van AND ⑨ ook "1", waardoor de uitgang van AND ⑨ "1" wordt en de generator (10 kHz) gaat werken.
Vanaf dit moment wordt een gate-stroom aan de triac geleverd. De triac wordt geleidend. Via de laselektroden gaat lasstroom vloeien. Telkens als de Schmitt-trigger ① een [0 / 1] afgeeft, volgt een klokimpuls op de ingang T van de teller ④.
Op het moment dat uitgang 4 van de decoder ⑤ "0" wordt, wordt de SR-flipflop ⑧ [geset / gereset] .
Uitgang $\overline{8Q}$ wordt [0 / 1] en hierdoor wordt uitgang AND ⑨ ook [0 / 1] en de generator stopt.

Het puntlassen wordt hierdoor gestopt. Ook het tellen wordt nu gestopt, omdat $\overline{8Q}$ = "0" wordt, wordt de ingang 2 van ② "0" en de teller krijgt geen klokimpulsen meer toegevoerd. SR-flip-flop ⑦ krijgt twee "enen" toegevoerd door uitgang ⑥ en door de zwevende ingang op R.

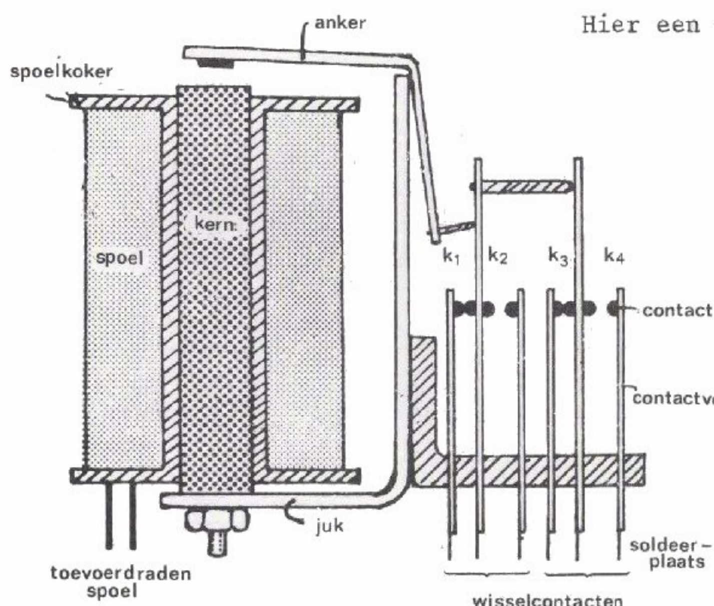
Flip-flop ⑦ wordt alléén **geset / gereset** als de schakelaar S1 losgelaten wordt. Komt S1 in de rusttoestand dan wordt de R ingang van ⑦ **0 / 1** en 7Q wordt **0 / 1** ; dit is de voorbereiding voor het resetten.van de teller en het opnieuw starten van het lasproces.
Wordt schakelaar S1 weer omgezet, dan zal de teller gereset worden.
Zodra een positieve impuls van de Schmitt-trigger ① komt, zal het lasproces weer beginnen. Het lassen kan alléén beginnen op het moment dat de netwisselspanning door het nulpunt gaat, dus net even positief wordt.

Hieronder zijn de tijd-volgorde-diagrammen van de automatische puntlas machine gegeven.



HET RELAIS

Voordat we een uitgangstrap met een relais bespreken eerst enkele algemene dingen over het relais.



Hier een voorbeeld van een relais.

Bij een relais wordt een ijzeren kern gemagnetiseerd, als door een spoel om de kern een stroom loopt.

Kern en juk vormen tezamen een magneet als er een stroom door de spoel loopt. Het anker wordt door deze magneet aangetrokken.

Aan het anker zit een pen van isolatiemateriaal. Bij aantrekken van het anker beweegt die pen naar rechts, onderbreekt het contact k1 en sluit het contact k2.
Via een tweede geïsoleerde pen worden eventueel andere contacten tegelijkertijd bediend. In dit geval dus contacten k3 en k4.

Contact k1 noemen we een *verbreekcontact* omdat het bij bekrachtiging van het relais verbroken wordt. Men duidt het wel aan met n.c. (een afkorting voor het engelse "normally closed", dat "normaal gesloten" betekent).

Contact k2 noemt men een *maakcontact*, omdat het bij bekrachtiging gesloten ōf "gemaakt" wordt. Men duidt dit wel aan met n.o. (een afkorting van het engelse "normally open", dat "normaal open" betekent.).

Een contactenstel (zoals boven getekend) waarbij een maakcontact en een verbreekcontact zijn gecombineerd, noemt men een *wisselcontact*.
Dit omdat de centrale contactveer wisselt tussen het contact met de ene en het contact met de andere veer.

SCHEMASYMBOLEN VOOR RELAIS.

Hieronder vindt U hoe men de relais-delen in een schema gewoonlijk weergeeft.



- Maak contact

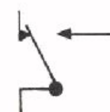


- Verbreekcontact



- Wisselcontacten.

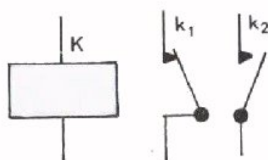
Doorgang van de hoofdstroom is hier onderbroken als het relais *niet* is bekrachtigd.



Doorgang van de hoofdstroom wordt bij bekrachtiging van het relais onderbroken.

OPMERKING:

Het is gebruikelijk relaiscontacten steeds te tekenen in de *niet-bekrachtigde* toestand van het relais.



De spoel van het relais wordt door een rechthoekig blokje aangegeven. De aansluitdraden worden aan de lange zijden van de rechthoek getekend.

In een schema wordt de relaisspoel met een *hoofdletter* K aangegeven. De contacten die met behulp van een spoel bediend worden, geeft men met de bijbehorende *kleine letters* aan. Dat is hier k1, k2, enz.

In schema's behoeven de bij een relaisspoel behorende contacten niet vlak bij deze spoel getekend te zijn. Om het schema overzichtelijk te houden is het vaak nodig een contact ver van de eigen spoel verwijderd te tekenen. Bij welke spoel een contact hoort, kan men zien aan de kleine letter van het contact en de overeenkomstige hoofdletter van de spoel.

Behalve de hier genoemde belangrijkste schemasymbolen zijn er nog heel wat andere in gebruik. Het voert te ver om ze allemaal te bespreken.

EIGENSCHAPPEN VAN RELAIS.

Relais zijn componenten die veel toegepast worden. Toch verdient het aanbeveling om ze in digitale schakelingen te vermijden. In combinatie met logica-schakelingen hebben ze namelijk het nadeel dat bij het uitschakelen spanningspieken ontstaan die gemakkelijk storing kunnen veroorzaken.

Het voordeel is dat de digitale informatieverwerking niet met dezelfde spanning behoeft te werken als het apparaat dat moet worden bediend. We spreken in zo'n geval over een *galvanische* scheiding tussen de digitale schakeling en het te besturen apparaat. Galvanische scheiding is het ontbreken van direct elektrisch contact. Andere voorbeelden van galvanische scheiding zijn: transformators en de bediening van een apparaat via een lichtbundel (denk hierbij aan de combinatie van een LDR en een lampje).

De eisen waaraan een relais moet voldoen hangen af van de toepassing. Aantrektijd en afvaltijd bepalen de elektronische toepasbaarheid. Bij gebruik in vochtige ruimten is de isolatie tussen kern en spoel van groot belang. De spoelkoker wordt dan bij voorkeur van MYLAR gemaakt. Mylar is een hoogwaardig isolatiemateriaal, dat vochtafstotend is.

Om stoffig en vuil worden van de contacten te voorkomen, wordt bij sommige toepassingen een stofkap gebruikt. Deze stopkap heeft tevens het voordeel dat ze de contacten tegen stoten beschermt, waardoor verbuigen van contactveren wordt voorkomen.

Een van de belangrijkste bedreigingen van relaiscontacten is het *inbranden*, dat te wijten is aan vonkvorming bij het verbreken. Deze vonkvorming is te voorkomen met behulp van een *RC*-filter. Moet men met schakelaars zeer grote stromen uitschakelen, dan wordt er voor gezorgd dat bij het verbreken de vonkvorming letterlijk wordt weggeblazen.

De vereiste samenstelling van de contactpunten hangt af van de te schakelen stroomsterkte en de stroomsoort (wissel of gelijk). Voor grote stromen gebruikt men bijvoorbeeld wolfram, een materiaal dat zeer hard is en hoge temperaturen kan verdragen. Voor niet al te grote stromen wordt vaak zilver gebruikt. Dit materiaal is veel zachter en kan niet zulke hoge temperaturen verdragen. Het geleidt echter buitengewoon goed, terwijl oxyderen niet erg is, omdat zilveroxyde ook goed geleidt. Voor kleine stromen gebruikt men wel goud. Dit geleidt goed en oxydeert niet, maar is wel duur. Ook kwik en diverse metaallegeringen worden wel als contactmateriaal gebruikt.

De fabrikant van relais verstrekt een aantal gegevens.

Deze gegevens zijn:

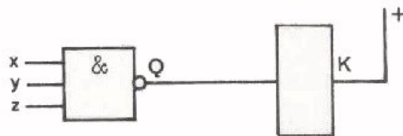
1. De opkom A.W. = het benodigde aantal ampère-windingen om aantrekken te garanderen.
2. De houd A.W. = het benodigde aantal ampère-windingen om het goed aangetrokken houden te garanderen.
3. De afval A.W. = het aantal AW waarbij het relais net niet meer houdt.
4. Aantal windingen en aantal wikkelingen van de spoel.
5. De spoelweerstand = de ohmse weerstand van de spoel.
6. De maximale stroom die door de contacten mag worden geschakeld.
7. Het aantal en de soort van contacten waarmede het relais is uitgerust.

OEFENING:

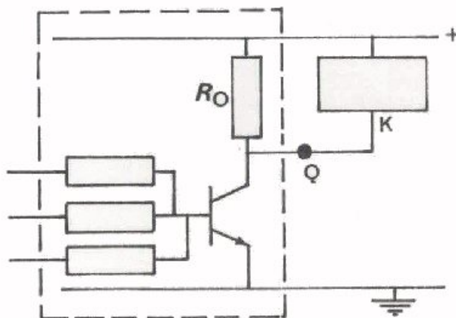
Welke van deze gegevens zijn te bepalen zonder het relais kapot te maken?

Ter beschikking staan een universeelmeter en een gelijkspanningsbron.

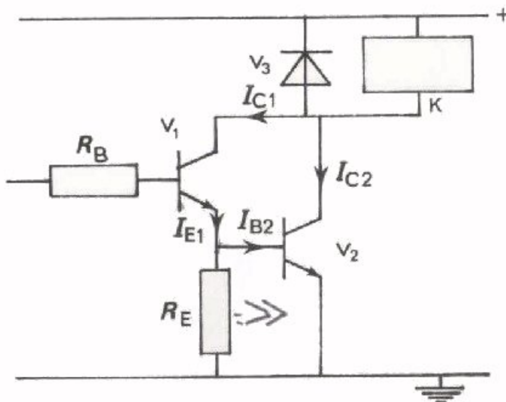
DE UITGANGSTRAP MET EEN RELAIS



Er zijn kleine relais die direct uit een NOR- of NAND-poort bediend kunnen worden. Het relais wordt dan bekrachtigd als $Q = 0$.



In nevenstaand NOR-voorbeeld moet de stroom die het relais voor bekrachtiging nodig heeft via de transistor lopen.



In veel gevallen worden extra transistors gebruikt om de bekrachtigingsstroom van het relais te kunnen leveren. Hiernaast een voorbeeld (over diode V3 komen we later pas weer te spreken). In dit voorbeeld zijn twee transistors gebruikt die tezamen de uitgangstrap vormen. In de praktijk hangt het aantal transistors dat gebruikt wordt af van de voor het relais benodigde spoelstroom.

De collectorstroom van de transistor V1 bedraagt $I_{C1} = h_{FE1} \cdot I_{B1} \simeq I_{E1}$.

Praktisch kiest men R_E veel groter dan h_{IE} van V2 in stroomvoerende toestand, zodat de dan door R_E opgenomen stroom verwaarloosd kan worden:

$$I_{E1} = I_{RE} + I_{B2} \simeq I_{B2}$$

Verder geldt $I_{C2} = h_{FE2} \cdot I_{B2} \simeq h_{FE2} \cdot I_{E1} = h_{FE2} \cdot h_{FE1} \cdot I_{B1}$

Bij $h_{FE1} = h_{FE2} = 100$ betekent dit dat de relaisspoelstroom ongeveer 10^4 maal zo groot is als de basisstroom van transistor V1.

OEFENING

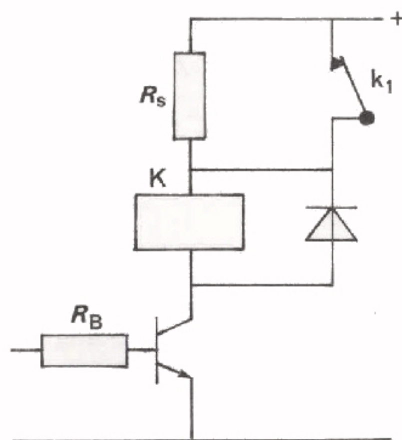
Uit een NAND of NOR-schakeling wordt 0,1 mA geleverd aan een uitgangstrap, zoals boven getekend. h_{FE} voor beide transistors is 50.
Hoe groot is de stroom door de relaisspoel ?

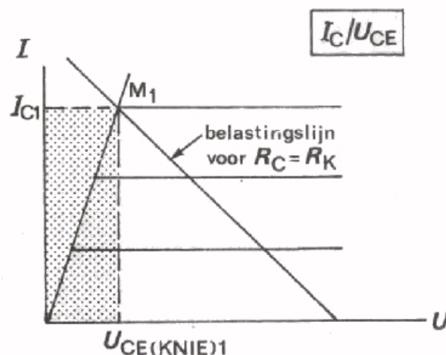
Antwoord: [mA]

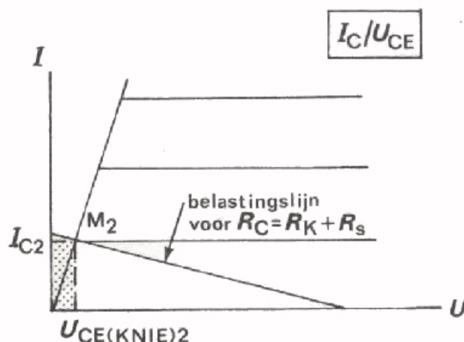
EEN STROOMSPAARSCHAKELING

Voor voldoende bekrachtiging van een relais zodat het anker wordt aangetrokken, is een betrekkelijk grote spoelstroom nodig. Is het anker eenmaal aangetrokken, dan is een veel kleinere spoelstroom voldoende om het aangetrokken te houden. Door de spoelstroom na het aantrekken van het anker te laten afnemen, bespaart men op de stroom die de voeding moet leveren. Dit kan door middel van volgende *stroomspaarschakeling*.

In niet-bekrachtigde toestand is contact k_1 gesloten. De met de relaisspoel in serie staande weerstand R_s is daardoor kortgesloten.







Als nu een positieve spanning aan R_B wordt toegevoerd, gaat de transistor geleiden. Daar R_s gelijk is aan de spoelweerstand R_k, geldt dan de geschetste steile belastingslijn waaruit blijkt dat de transistor in M_1 wordt ingesteld. Er gaat een grote stroom I_{C1} door de relaispoel lopen, waardoor het relais wordt bekrachtigd.

Zodra hierdoor contact k_1 wordt geopend, komt R_s in serie met R_k van de relaisspoel te staan. Dan geldt de minder steile belastingslijn voor $R_C = R_k + R_s$.

Nu raakt de transistor ingesteld in punt M_2. De relaisspoel voert de kleinere spaarstroom I_{C2}, die voldoende is om het relais in bekrachtigde toestand te houden.

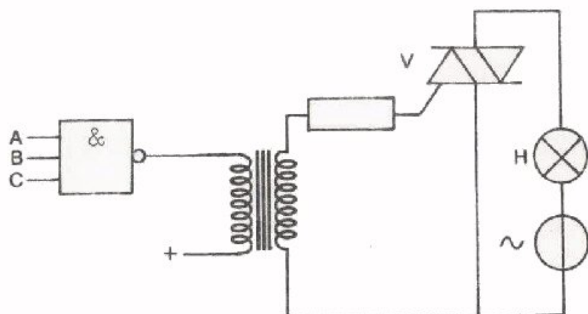
Bijkomende voordelen zijn nog:

- De relaisspoel krijgt minder vermogen toegevoerd, zodat hij minder warm zal worden dan zonder R_s.
- De transistor krijgt minder vermogen toegevoerd, zodat ook hij minder warm zal worden. Immers I_C zowel als $U_{CE(KNIE)}$ worden kleiner.

$$U_{CE(KNIE)2} \cdot I_{C2} \ll U_{CE(KNIE)1} \cdot I_{C1}$$

Samenvatting

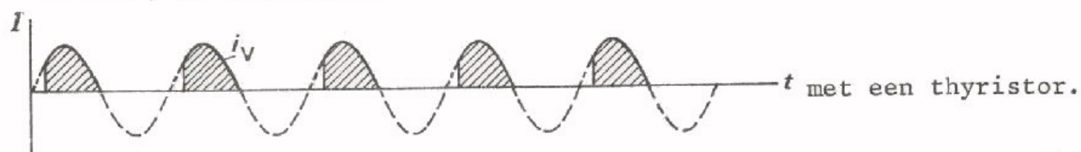
- We hebben in deze les de uitgangstrappen besproken. Een uitgangstrap is nodig tussen de digitale schakeling en het apparaat dat door deze schakeling wordt bediend.

- 

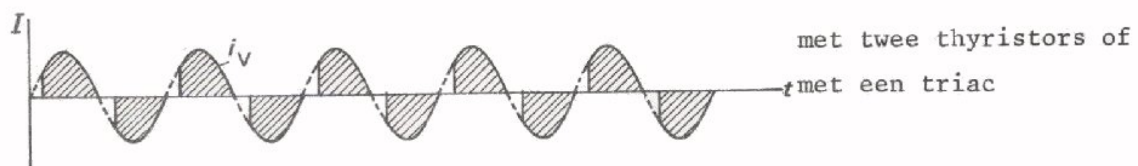
De thyristor en de triac zijn geschikte componenten om in uitgangstrappen toe te passen. Dan moeten de digitale schakeling en de belasting galvanisch gescheiden worden met behulp van een transformator om te vermijden dat de thyristor of triac de digitale schakeling kan storen. Een nadeel van thyristor- en triac-schakelingen in het algemeen is de noodzakelijke filtering om storing op andere apparaten te onderdrukken.

- *Vermogen-regeling* is met thyristors of triacs op twee manieren mogelijk:

  1. Met *fase-aansnijding*

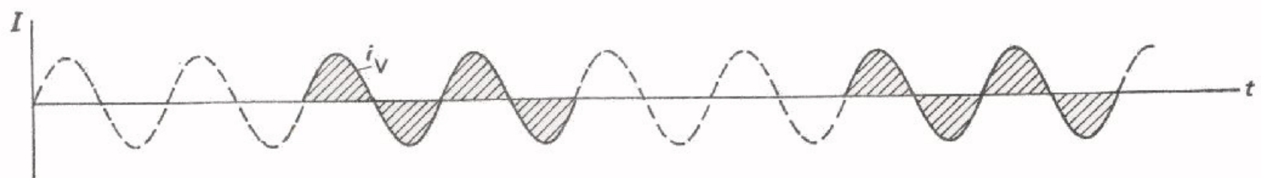


met een thyristor.



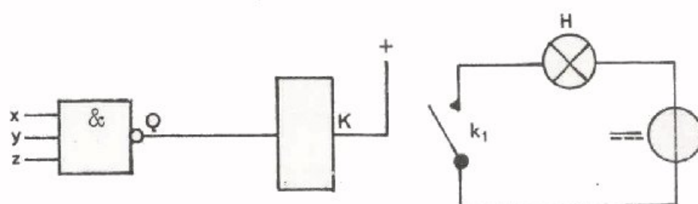
met twee thyristors of met een triac

  2. Door met behulp van een teller gedurende een *beperkt aantal hele perioden* de thyristor of de triac in geleiding te brengen. Dit is de zogenaamde *tijdsproportionele* (time proportional) *regeling*.



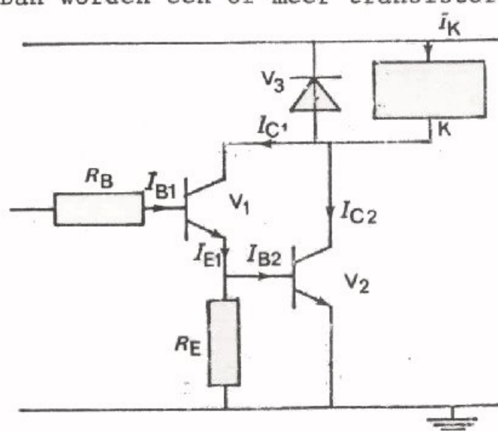
Hiervan is een voorbeeld gegeven bij de automatische bediening van een puntlas-machine. Gedurende een van tevoren in te stellen beperkt aantal hele perioden vindt het puntlassen plaats.

Soms wordt een klein relais als uitgangstrap gebruikt. Dit relais kan dan direct vanuit de digitale schakeling bekrachtigd worden.



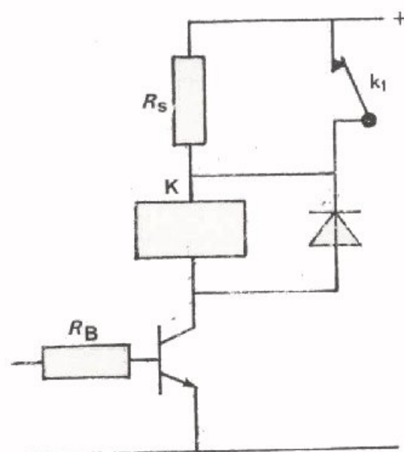
Lampje H brandt als alle ingangssignalen "1" zijn.
H brandt op 6 V met I = 50 mA
De NAND-schakeling levert zelf de bekrachtigingsstroom voor relaisspoel K.

In veel gevallen zal de stroom die de digitale schakeling kan leveren niet groot genoeg zijn om het toe te passen relais te bekrachtigen. Dan worden een of meer transistors gebruikt voor versterking van de stroom. In het hier getekende voorbeeld geldt:

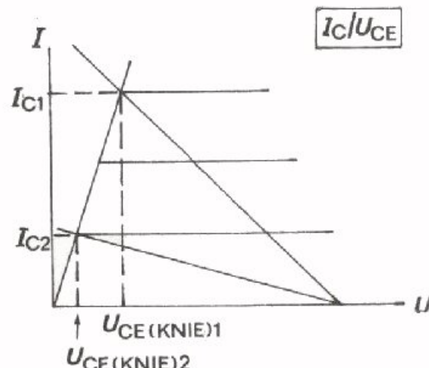


$$I_K \simeq (h_{FE})^2 . I_{B1}$$

Bij h_{FE} = 70 en I_{B1} = 100 μA kan een bekrachtigingsstroom $I_K \simeq 4900.10^{-4}$ ≃ 500 mA geleverd worden.
Diode V3 dient ter beveiliging van de transistors tijdens het afschakelen van het relais.



Een weerstand in serie met de relaisspoel geeft stroombesparing. De belastingslijn verloopt minder steil. Een bijkomend voordeel is de verlaging van de kniespanning.

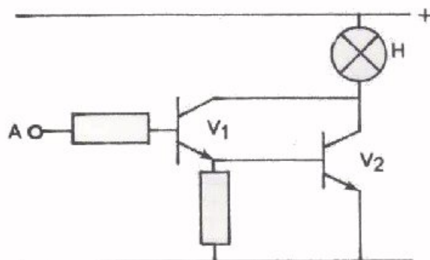


D29.26

NAAM: [ ] KLAS: [ ]

OEFENINGEN

1. Geef bij elk van de volgende schakelingen aan of het lampje brandt bij A = 1 of bij A = 0. Bovendien welke van de transistors geleidt bij A = 1.

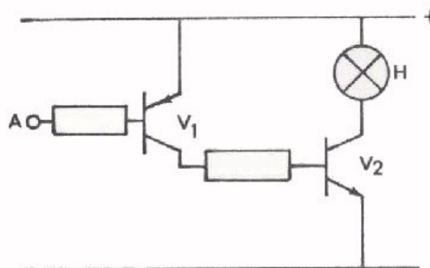


H brandt als A = [ ]

Als A = 1, dan geleidt:

V1 **wel / niet**

en V2 **wel / niet**

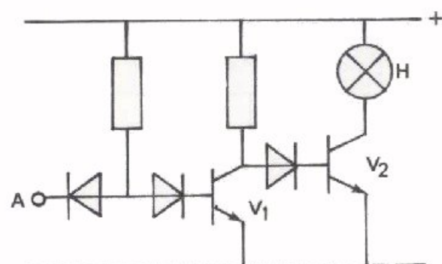


H brandt als A = [ ]

Als A = 1, dan geleidt:

V1 **wel / niet**

en V2 **wel / niet**

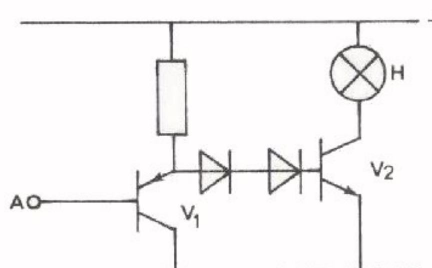


H brandt als A = [ ]

Als A = 1, dan geleidt:

V1 **wel / niet**

en V2 **wel / niet**



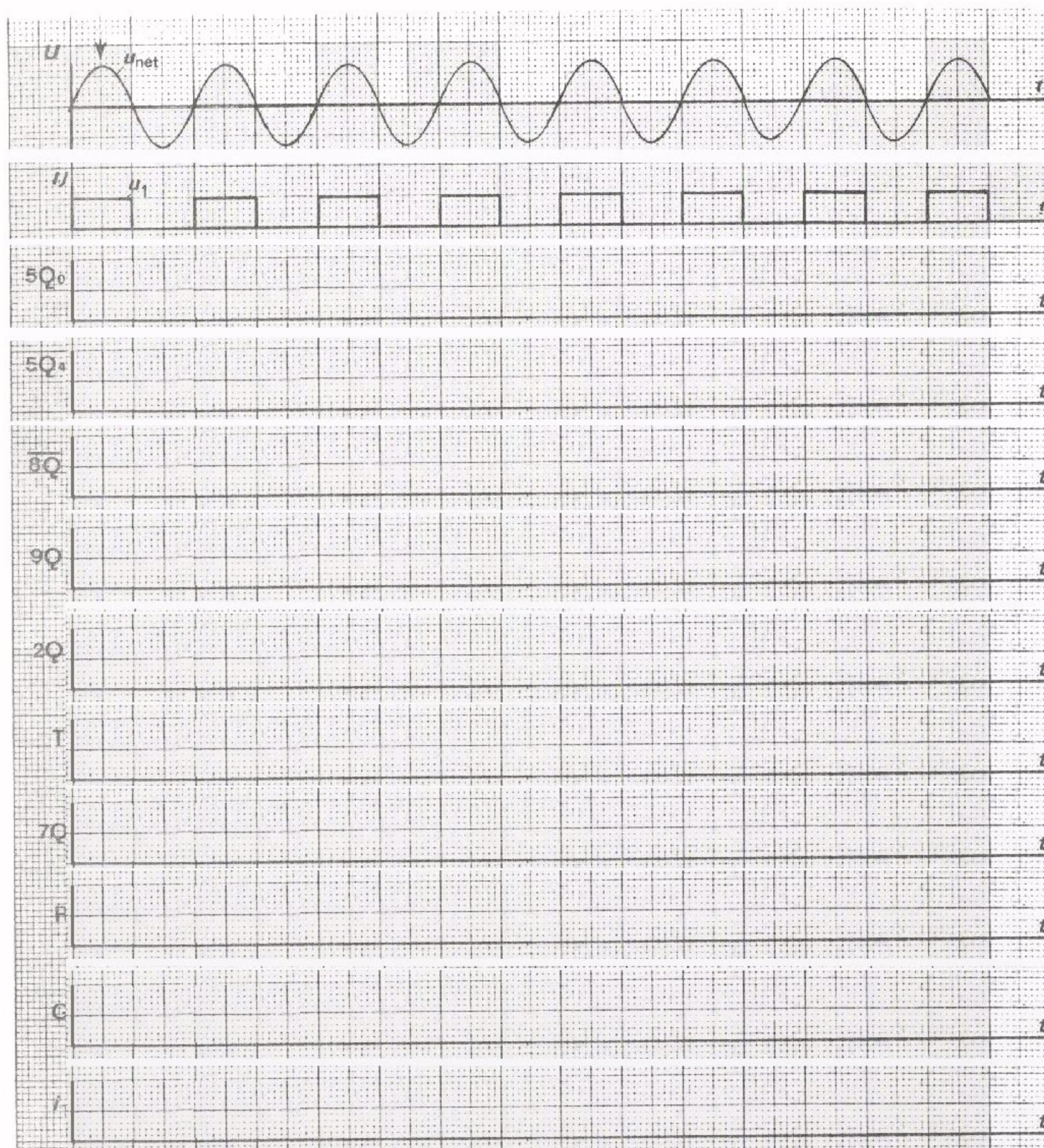
H brandt als A = [ ]

Als A = 1, dan geleidt :

V1 **wel / niet**

en V2 **wel / niet**

2. Op blad 14 staat het schema van de automatische puntlasmachine.
Ga eens na wat er gebeurt als S1 midden in een positieve halve periode van de netspanning wordt omgezet.
Teken op dit blad de volgorde-tijd-diagrammen van de automatische puntlas-machine, vanaf het moment dat hier met een pijl aangegeven is.



D 30

COMMUNICATIE TUSSEN MENS EN ELEKTRONISCH SYSTEEM

INLEIDING

In de vorige digitale les zijn de uitgangstrappen besproken. Daarbij is uitvoerig ingegaan op uitgangstrappen met relais en op schakelingen met thyristors of triacs.

In deze les gaan we na hoe de mens informatie aan een machine kan aanbieden en hoe de machine na verwerking de informatie weer aan de mens kan teruggeven. Tevens gaan we na hoe de ene machine informatie aan de andere kan doorgeven.

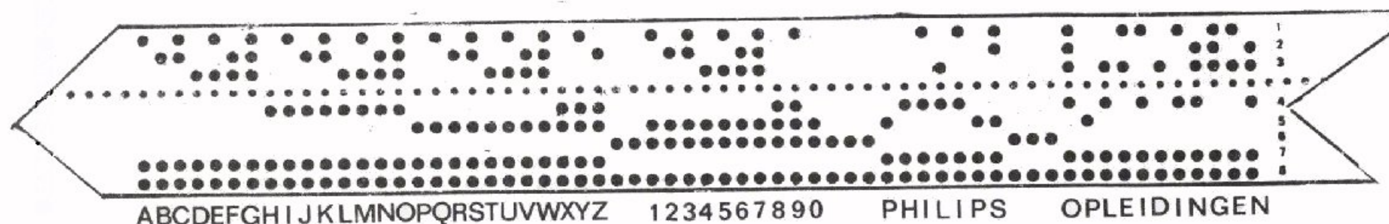
Hierbij komen ter sprake:

- het lezen van een geponste band met behulp van zogenaamde aftastpennen.
- het lezen van een geponste band met behulp van lichtgevoelige dioden.
- het weergeven van informatie met
  - cijferindicatiebuizen
  - zeven segmenten
  - een verzameling verlichte punten
  - kathodestraalbuizen
- het vastleggen van verkregen informatie op
  - ponsband
  - ponskaarten
  - magnetische band
  - een magnetische schijf

Tot slot besteden we ruimschoots aandacht aan een voorbeeld van een uitgebreid systeem. Hierin worden zo veel mogelijk de in deze cursus behandelde onderdelen uit de digitale techniek toegepast.

OP PONSBAND OF PONSKAART VASTGELEGDE INFORMATIE.

Aan de ingang van een computer of een ander digitale informatie verwerkend systeem wordt informatie in de vorm van nullen en enen aangeboden. Dit kan, zoals we weten, met behulp van schakelaars en andere opnemers gebeuren. In de praktijk gebruikt men hierbij vaak informatie die op papierband of op zogenaamde ponskaarten is vastgelegd. Volgens een bepaalde code, die verderop in deze les ter sprake komt, worden gaatjes in de band of kaart aangebracht.



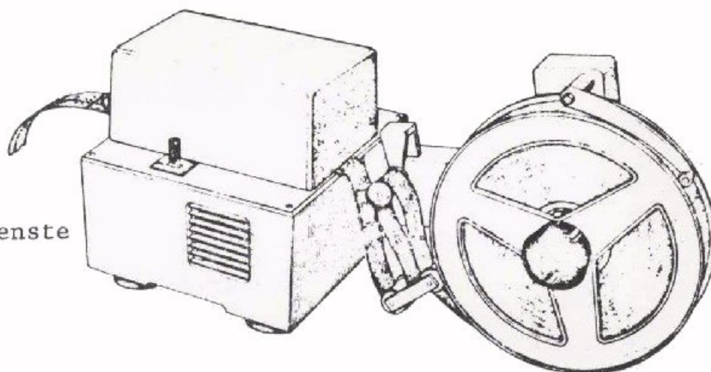
Dit is een voorbeeld van een ponsband. Verticaal kunnen onder elkaar maximaal acht gaatjes aanwezig zijn. Hiermee worden cijfers, letters of leestekens symbolisch vastgelegd.

Het aanwezig zijn van een gaatje betekent "1".

Het afwezig zijn van een gaatje betekent "0".

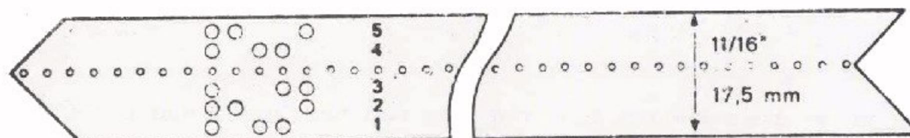
OPMERKING:

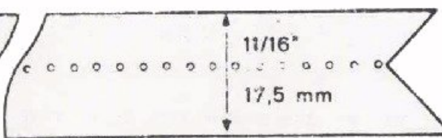
In het midden is een rij kleine gaatjes aanwezig. Deze dienen alléén om de ponsband, die als een filmrol opgerold zit, met de gewenste regelmaat door het uitleesmechanisme of bandponser te bewegen.

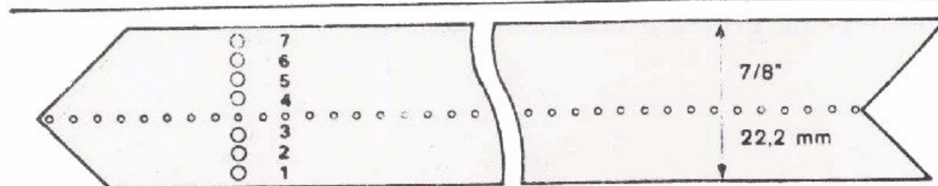


Welke bits lezen we af voor het cijfer 4 en voor de letter L.

4 = ☐ L = ☐







Er zijn ook ponsbanden met 5 of 7 gaten boven elkaar.

Hieronder ziet U een voorbeeld van een ponskaart zoals die wordt gebruikt bij de automatische verwerking van administratieve gegevens.

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ 0123456789

De administratieve gegevens voor deze ponskaart kunnen o.a. zijn voor een abonnement,op een dagblad, een tijdschrift, een zwembad, een radiogids, enz. De kaarten dienen om met behulp van een computer vast te stellen of iemand het abonnementsgeld heeft voldaan. In het voorbeeld zijn 80 kolommen aanwezig. Elke kolom dient voor het weergeven van een letter of een cijfer. Elke letter is door twee ponsgaatjes vastgelegd en elk cijfer door een ponsgat.

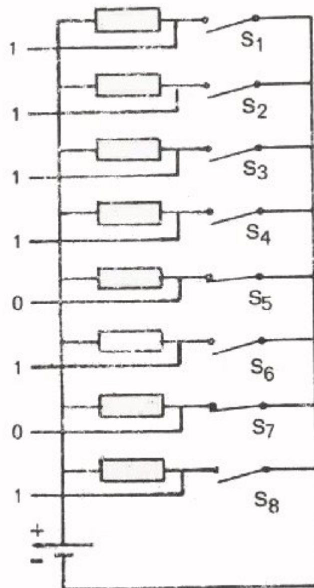
Bij het ponsen van de kaart wordt automatisch boven elke kolom de letter of het cijfer getypt.

OPGAVE:

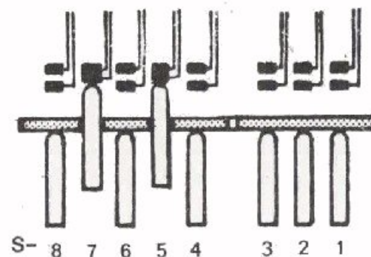
Probeer Uw achternaam op de ponskaart aan te geven door vanaf kolom 55 de betreffende vakjes zwart te maken.

INFORMATIE-OVERDRACHT VAN PONSBAND AAN LOGICA.

● Met tastpennen.

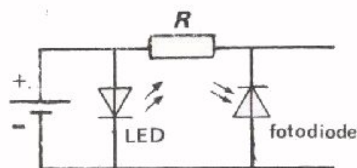


Dit is een schematische voorstelling van de overdracht-schakeling. De ponsband schuift telkens een klein stukje vooruit en stopt dan. Als de ponsband stilstaat, worden 8 pennen precies op de plaatsen waar mogelijk gaatjes in de ponsband zitten omhoog gedrukt. Als inderdaad een gaatje aanwezig is, dan drukt de pen door het gaatje heen de schakelaar S dicht. Dat wil zeggen dan twee veertjes waarvan er een aan aarde ligt, tegen elkaar gedrukt worden.

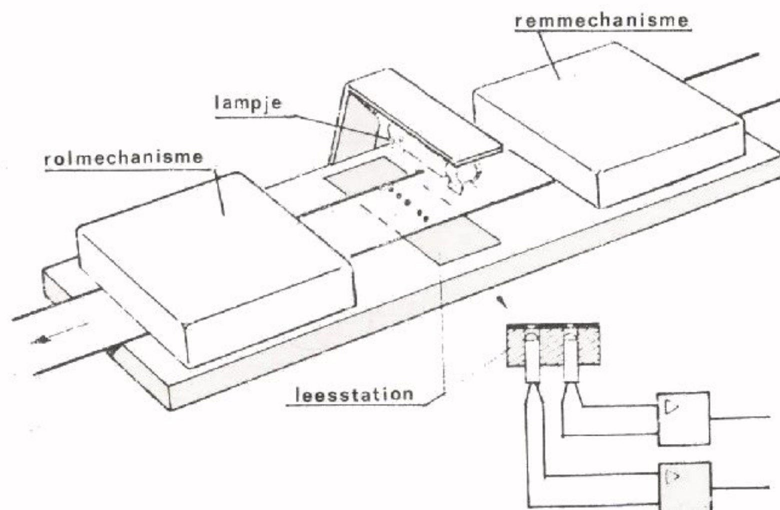


Is een schakelaar gesloten, dan wordt een "0" doorgegeven. Is S niet gesloten, dan ontstaat een "1". Door een omkeerschakeling worden de "0" en de "1" in "1" en "0" omgezet.

● Met fotogevoelige elementen.



Dit is een schematische voorstelling van een schakeling met lichtopnemer. Als lichtbron gebruikt men een lampje of een LED. Het lampje of de LED zendt licht uit dat door een fotodiode of een LDR wordt opgevangen. Als er licht valt op de fotodiode, wordt deze geleidend. Door de weerstand gaat dan een stroo. lopen, zodat de uitgangsspanning nagenoeg

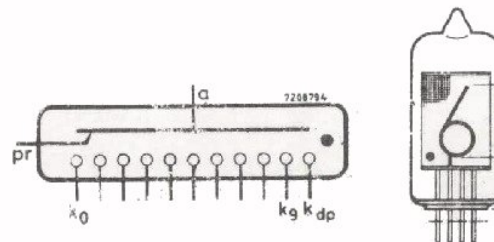


0 V wordt. Bij het overnemen van de informatie die op de ponsband is vastgelegd wordt de ponsband tussen het lampje of de LED en de fotodiode door bewogen. Als een gaatje in de band aanwezig is valt er licht op de fotodiode en is de uitgangsinformatie "0".
Het *uitlezen* van de informatie moet telkens als de band stilstaat gebeuren. Er worden klok- of synchronisatie-impulsen gegeven, die bepalen wanneer de informatie wordt overgenomen.

WEERGAVE VAN UITGANGSINFORMATIE.

Aan de uitgang van een computer of een ander digitaal informatieverwerkend systeem komt informatie in de vorm van nullen en enen ter beschikking. In sommige gevallen wordt deze informatie omgezet in de vorm van cijfers of letter met behulp van decodeerschakelingen en daarna zichtbaar gemaakt. Men spreekt van *display* (spreek uit: displee = weergave). Hier volgen enkele voorbeelden.

- De *cijferindicatorbuis* ZM1000. Deze is al in D22 besproken. De anode zit via een weerstand aan de plus. De verschillende cijfers worden ontstoken door de bijbehorende kathode met aarde te verbinden.



- De ZM1200, ook wel de *pandicon* genoemd, bezit systemen van 10 cijfers. Deze buis wordt in een schakeling opgenomen, waarbij de gewenste 14 cijfers in elk van de 14 systemen na elkaar ontstoken worden. Door dit vele malen te herhalen per seconde, krijgt ons oog de indruk dat alle 14 cijfers voortdurend aanwezig zijn. De manier waarop dit gebeurt bespreken we verder niet.



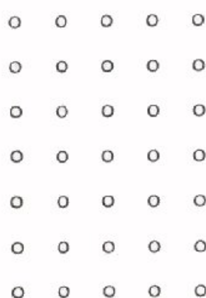


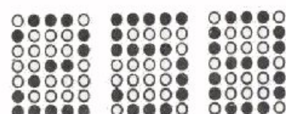
● Hiernaast een voorbeeld van een zogenaamde *zeven segment weergave* van cijfer 8. Met zeven langwerpige elektroden in een buis kan elk ander cijfer ook gevormd worden. Tegenwoordig kan men ook met zogenaamde "vloeibare kristallen" deze zeven segment-voorstelling realiseren. Een "vloeibaar kristal" bestaat uit een vloeistof waarvan de moleculen op een andere manier naast elkaar komen te liggen indien op twee geleidende plaatjes waartussen de vloeistof zich bevindt, een spanning wordt aangesloten. Doordat een lichtstraal hiervan hinder ondervindt, kan met behulp van zo'n vloeistof en segmentvormige elektroden een cijfer zichtbaar gemaakt worden. Op de technische details gaan we verder niet in.



Dit zijn de tien mogelijke cijfervoorstellingen bij de zeven segment-display.

● Een andere mogelijkheid om met behulp van een aantal lampjes of lichtgevende dioden een display te realiseren is door middel van een *matrix* van 5 x 7. Het woord matrix wordt heel vaak in de techniek gebruikt als een voorstelling is opgebouwd uit een aantal rijen (hier 7) en kolommen (hier 5). In sommige gevallen wordt een matrix van 4 x 7 gebruikt.



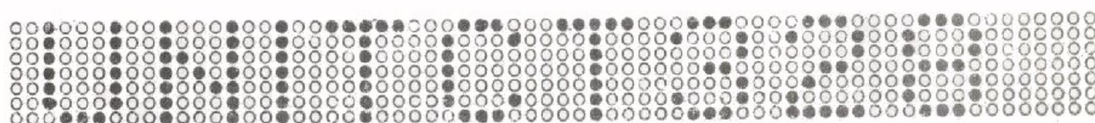


Enkele mogelijkheden voor het weergeven van cijfers met behulp van een 5 x 7 matrix. De gebruikte LED's zijn de zogenaamde GaAs- of Gallium-Arsenide dioden. Het uitgestraalde licht is rood.

● Een voorbeeld van een groot display-systeem met gloeilampen is het scorebord dat bij de Olympische Spelen in 1972 in München werd gebruikt. Dit bord bevatte een matrix met 30.000 lampen en had de afmeting 8,6 x 20 m.



● Ook de *lichtkranten* zijn voorbeelden van display van informatie. Het bijzondere aan deze informatie-weergave is dat de informatie zich verplaatst. Deze verplaatsing wordt verkregen met behulp van schuifregisters. Elke rij uit de matrix is verbonden met een lang schuifregister. Elke JK-flip-flop uitgang Q1 aan dit register bedient een lamp van de rij.



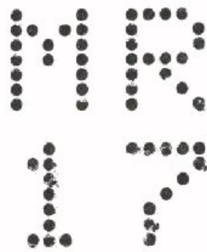


● Een TV-beeldbuis tenslotte is een voorbeeld van een *kathodestraalbuis*. Hiermee kunnen, behalve beelden, ook letters en cijfers worden weergegeven. Deze letters en cijfers zijn net als andere beelden samengesteld uit een aantal horizontale streepjes.

VASTLEGGEN VAN INFORMATIE.

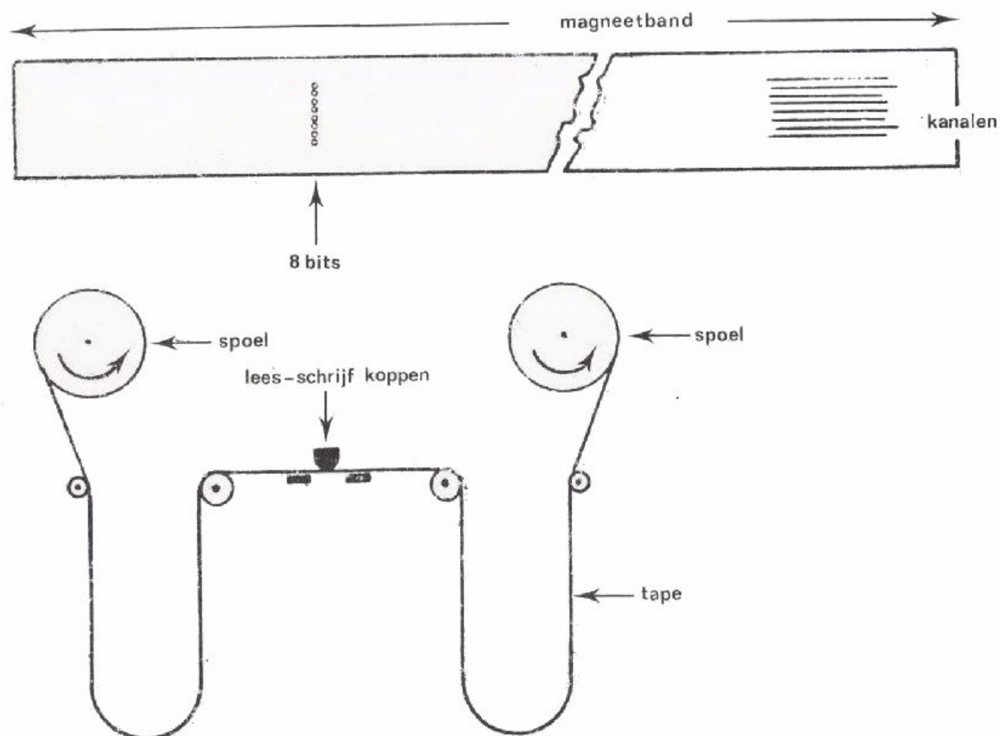
● We hebben al gesproken over het vastleggen van informatie op een *ponsband* of op een *ponskaart*. Dit kan geschieden óf met een "pons-type-machine" die direct vanuit het informatieverwerkend systeem wordt bediend, óf met een pons-type-machine die door een typiste wordt bediend. De informatie is dan zó vastgelegd, dat ze direct door het informatieverwerkend systeem kan worden overgenomen.

● Bij een andere manier van vastleggen van informatie kan de mens deze informatie direct lezen.

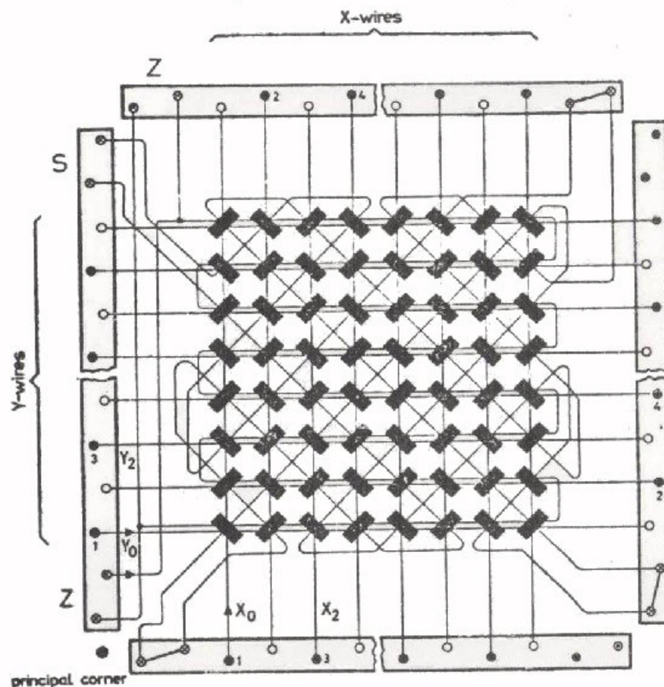


Hier ziet U een voorbeeld van hoe enkele cijfers en letters zijn vastgelegd. De cijfers en letters (of zoals men soms wel zegt, de *karakters*) zijn opgebouwd uit een aantal punten die in een *matrix* passen, in het voorbeeld een 5 x 7 matrix. Het is mogelijk deze karakters "uit te lezen" met behulp van elektronische middelen. Uiteraard moet deze informatie dan binair worden gedecodeerd voordat het informatieverwerkend systeem er iets mee kan doen.

● Een heel andere manier van vastleggen van informatie gebeurt met behulp van een *magneetband*. De band is voorzien van een *emulsie* (deklaag) waarin zich zeer vele zeer kleine magneetjes bevinden, zogenaamde "elementaire magneetjes". Deze magneetjes worden met behulp van de zogenaamde *schrijfkop* in dezelfde richting gelegd. De richting is dan bijvoorbeeld Noord-Zuid voor "1" en Zuid-Noord voor "0".
Met behulp van een *opneemkop* kan de informatie naderhand in een elektrisch signaal worden omgezet. Computersystemen zijn meestal uitgerust met meerdere lees- en schrijfkoppen. Deze zijn dwars boven de band geplaatst. Hiermede is het mogelijk in één keer een letter, cijfer of een leesteken in bijv. 8 bits te schrijven of te lezen.



● Zoals voorgaande magneetband overeenkomst heeft met de bekende geluidsregistratie voor bandrecorders, zo heeft het *magnetisch schijfgeheugen* overeenkomst met de grammofoonplaat. Het magnetisch schrijfgeheugen is een plaat, waarop net als bij de band magnetisch gevoelig materiaal is aangebracht. Net als bij de band kan ook hier de emulsie gemagnetiseerd worden in twee richtingen. Dit gebeurt weer met een schrijfkop, het uitlezen weer met een opneemkop. De koppen worden bij het schrijven of uitlezen van de informatie over de plaat bewogen zodat spiraalsgewijs de informatie op of van de band komt.



● Dit is een schets van een *ringkerngeheugen* . Hier wordt de informatie vastgelegd door een klein ringetje van ferroxcube in een van de twee mogelijke richtingen te magnetiseren. Dit gebeurt door er een stroom in de ene of andere richting doorheen te sturen. De ringetjes zijn in een matrixvorm opgesteld. Men spreekt wel van *matjes*. Op de werking van dit geheugen gaan we hier niet verder in (zie blad 24).

● Tenslotte komen we nog even terug op het U meest bekende geheugenelement, namelijk de flip-flop. Naarmate men de techniek van het integreren beter onder de knie krijgt, wordt het gemakkelijker meerdere flip-flop's op één IC onder te brengen. Op het ogenblik maakt men al IC's waarin meer dan 1000 bits (toestanden "0" of "1") worden vastgelegd. Men gaat er meer en meer toe over ook deze IC's van vaste informatie te voorzien zoals dat bij geheugens op ponsband het geval is.

CODERING VAN INFORMATIE

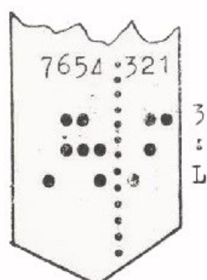
We hebben er al even op gewezen dat de informatie op een ponsband volgens een bepaalde code wordt aangebracht. De coderingen die hierbij gebruikt worden zijn er zo vele, dat er dikke boeken over te schrijven zijn.
We bespreken één voorbeeld hoe zo een codering uitgevoerd is, de zogenaamde ASCII-code. Deze uitdrukking bevat de beginletters van een Engelse naam, die in het Nederlands vertaald luidt: Amerikaanse Standaard Code voor Informatie Uitwisseling. Deze code is in de volgende tabel samengevat.

bits												
b7					0	0	0	0	1	1	1	1
b6					0	0	1	1	0	0	1	1
b5					0	1	0	1	0	1	0	1
b4	b3	b2	b1	rij \ kolom	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	DLE	spatie	0	@	P	\	p
0	0	0	1	1	SOH	DC_1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	STX	DC_2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	ETX	DC_3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	EOT	DC_4	$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	VT	ESC	+	:	K	[	k	
1	1	0	0	12	FF	FS	,	<	L	/	l	
1	1	0	1	13	CR	GS	–	=	M	]	m	
1	1	1	0	14	SO	RS	.	>	N	∧	n	–
1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

De code is een zogenaamde 7 bits-code.
Een groep bits, die een cijfer, letter, of leesteken weergeeft, noemt men wel een *woord*.
Een woord bestaat uit 7 bits, te weten b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1. In zestien rijen en acht kolommen zijn alle mogelijke combinaties van nullen en enen samengevat.

- De eerste 3 bits b_7 b_6 b_5 geven acht mogelijke combinaties. Voor elke combinatie is een kolom aanwezig.
- De laatste 4 bits b_4 b_3 b_2 en b_1 geven zestien mogelijke combinaties. Vóór elke combinatie is een rij aanwezig.

De code van een letter, cijfer of ander karakter wordt gevonden door het karakter op te zoeken en de bijbehorende 7 bits achter elkaar te zetten:



F - 100 0110
9 - 011 1001
? - 011 1111

$b_7 . b_5$ $b_4 . . b_1$
F - 1 0 0 0 1 1 0

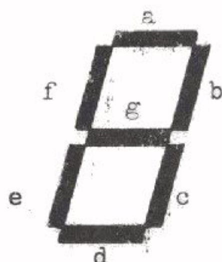
OEFENINGEN

1. Schrijf de ASCII-code op voor:

	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1
U							
n							
i							
t							
C							
T							
3							
2							
8							

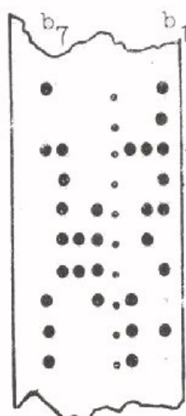
	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1
b							
1							
a							
d							
-							
t							
i							
e							
n							

2. Geef in onderstaande waarheidstabel de code die nodig is om in de zeven-segmentvoorstelling de 10 cijfers weer te geven. Maak hierbij gebruik van de tekening op blad 6 en het in de tabel reeds ingevulde cijfer 2.



	a	b	c	d	e	f	g
0							
1							
2	1	1	0	1	1	0	1
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

3. Hier is een stukje ponsband gegeven. De gaatjes 1 t/m 7 geven informatie in ASCII-code. Decodeer deze informatie met behulp van de ASCII-tabel op blad 10.



b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	betekenis

EEN DIGITAAL GESTUURDE COORDINATEN-BOORMACHINE.

We besluiten het digitale gedeelte van deze kursus met een voorbeeld van een digitaal besturingssysteem. We kiezen hiervoor een vanuit een ponsband gestuurde zogenaamde *coördinaten-boormachine*. Hiermee kan men bijvoorbeeld in een serie printplaten de vereiste gaten op de voorgeschreven plaatsen boren. We bespreken niet alleen het besturingssysteem (de "logica"), maar ook de benodigde randapparatuur. We beperken ons daarbij echter tot de grote lijnen met behulp van blokschema's. Een meer gedetailleerde behandeling zou te ver voeren en veel meer dan een les in beslag nemen.

DE COORDINATEN-BOORMACHINE ZELF

Op blad 13 vindt U in een eenvoudig blokschema de hoofddelen van het systeem.

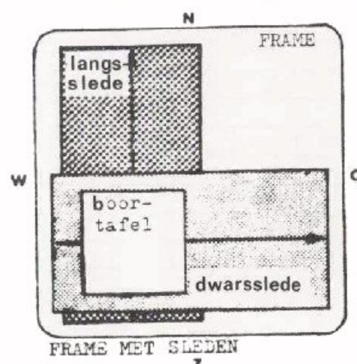
De coördinaten-boormachine bestaat uit een *boormachine* en het bijbehorende *frame* met twee *sleden*.

De boormachine heeft een aandrijfmotor die de boorspil aandrijft. Op de boorspil is de boorkop bevestigd, waarin de benodigde boor vastgezet wordt. Onder de boormachine is op het frame een *boortafel* aangebracht, waarop het werkstuk (bijv. printplaat) bevestigd kan worden.

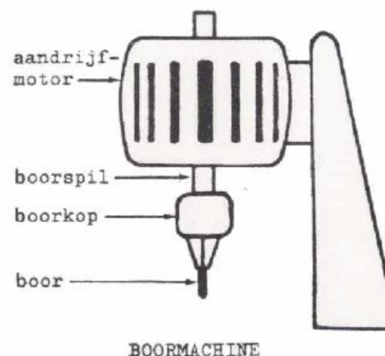
De boortafel kan over de *dwarsslede* in de richting west-oost heen en weer bewogen worden met behulp van een servo-motor. Dit is een motor waarvan men de as een gewenst aantal malen rechtsom of linksom kan laten draaien.

Op zijn beurt kan de dwarsslede over de *langsslede* heen en weer bewogen worden in de richting zuid-noord met behulp van een andere servo-motor Men is zo in staat het werkstuk in twee loodrecht op elkaar staande richtingen te verplaatsen om het op de juiste plaats te brengen.

Men kan het werkstuk als het ware evenwijdig aan één van twee loodrecht op elkaar staande assen bewegen. De assen noemt men gewoonlijk, net als bij grafieken, de X-as (in de west-oost-richting) en de Y-as (in de zuid-noord-richting). Elk punt waar geboord moet worden, ligt vast door de afstanden van dit punt tot genoemde assen. Deze afstanden noemt men wel de *coördinaten* van het punt. Vandaar dat de boormachine een "coördinaten-boormachine" wordt genoemd.



FRAME MET SLEDEN



BOORMACHINE

DIGITAAL VAN UIT PONSBAND GESTUURDE COORDINATEN-BOORMACHINE.

BOORMACHINE

FRAME MET SLEDEN

Uitgangstrappen van de besturing

Opnemers
Omzetters
Filters
Ingangstrappen van de besturing

d

c

BESTURING

b

a

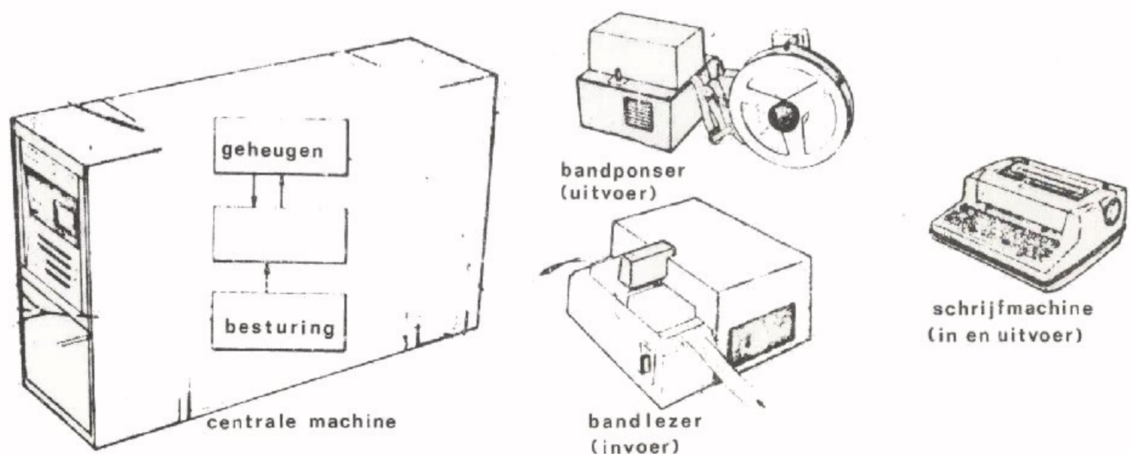
Uitgangstrappen van de besturing

Handbediening

Ingangstrappen van de besturing

Display
Registratie
Signalering

Schrijfmachine met bandponser en bandlezer



De boormachine is zo eenvoudig mogelijk weergegeven. In de eerste plaats wordt er slechts van één boor gebruik gemaakt, zodat alle te boren gaten dezelfde diameter hebben.
In de tweede plaats dient de machine om gaten door een plaat heen te boren. Daarom is de boordiepte steeds evengroot. De diepte is met een aanslag ingesteld. Op de aanslag zit een microswitch die meldt dat de vereiste boordiepte bereikt is. Een andere microswitch kan melden dat de boorspil in zijn hoogste stand, de ruststand, staat.

Onderaan blad 12 is de begin- of ruststand van de boortafel en de dwarsslede getekend. Het werkstuk bevindt zich dan zoveel mogelijk naar het westen en naar het zuiden. Twee microswitches melden de uiterste west- en de uiterste zuidstand. Verder bevinden zich op de assen van de servomotors schrijven met gaatjes. Met behulp van lichtbronnen en lichtgevoelige opnemers aan weerszijden van de schijven verkrijgt men:

- Van elke servo-motor een impuls die zijn draairichting bepaalt en daarmee de bewegingsrichting van boortafel of dwarsslede.
- Van elke servo-motor een reeks impulsen die geteld worden en zo vastleggen over welke afstand van het begin af gerekend de boortafel of de dwarsslede bewogen is.

Op de coördinaten-boormachine bevinden zich nog een aantal opnemers die dienen voor beveiliging tegen beschadiging voor het geval er storingen optreden of de machine verkeerd bediend wordt. Om het verhaal eenvoudig te houden wijden we daar niet verder over uit.

De besturing moet in staat zijn volgende commando's aan de coördinaten-boormachine te geven:

- servo-motor I , beweeg boortafel naar oost (of terug naar west)
- servo-motor II, beweeg dwarsslede naar noord(of terug naar zuid)
- aandrijfmotor boormachine aan (of uit)
- boorspil omlaag (of omhoog)

OEFENING

Zowel de coördinaat voor de "west-oost richting" als die voor de "zuid-noord richting" ligt in mm vast met 5 decimale cijfers, 3 vóór de komma en 2 áchter de komma. Elke digit kan één van de cijfers 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 zijn.

- Hoe luiden de coördinaten voor de beginstand in het uiterste zuid-westen ?

[mm] en [mm]

- Hoe luiden de coördinaten voor de uiterste noord-oost stand ?

[mm] en [mm]

- Bij het boren kan zo een **vierkant / rechthoek** bestreken worden met

  de afmetingen [mm] bij [mm]

DE SCHRIJFMACHINE

De schrijfmachine bestaat uit:

- het toetsenbord, met de hand te bedienen
- het schrijfmechanisme
- de bandopnemer
- de bandlezer

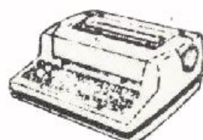
Er kunnen nu verschillende handelingen plaatsvinden:

- Door de toetsen te bedienen kunnen:
  - de karakters (letters, cijfers) op papier worden gezet;
  - deze karakters volgens een bepaalde code als gaatjes in een papierband worden geponst;
  - deze karakters bovendien digitaal naar de besturing doorgegeven via weg a.

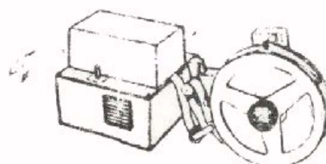
- Door een reeds geponste band in de bandlezer te plaatsen kan de band-informatie:
  - naar de besturing doorgegeven worden via weg a;
  - op papier gezet worden door het schrijfmechanisme, zodat de informatie afleesbaar wordt;
  - naar de bandopnemer gaan, waardoor er een kopie van de eerste band ontstaat.

- Behalve door de toetsen te gebruiken kan de schrijfmachine ook vanuit de besturing via weg b bediend worden, waardoor:
  - de informatie door de bandponser in een band wordt geponst;
  - de informatie door het schrijfmechanisme op papier wordt gezet.

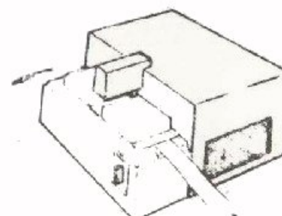
Het bedienen van de schrijfmachine vanuit de besturing geeft de mogelijkheid om een ponsband te maken met behulp van een model waarin de gaten reeds zijn aangebracht. Men plaatst dit standaardmodel dan op de boortafel die nu als meettafel gebruikt wordt.



schrijfmachine
(in en uitvoer)



bandponser
(uitvoer)



bandlezer
(invoer)

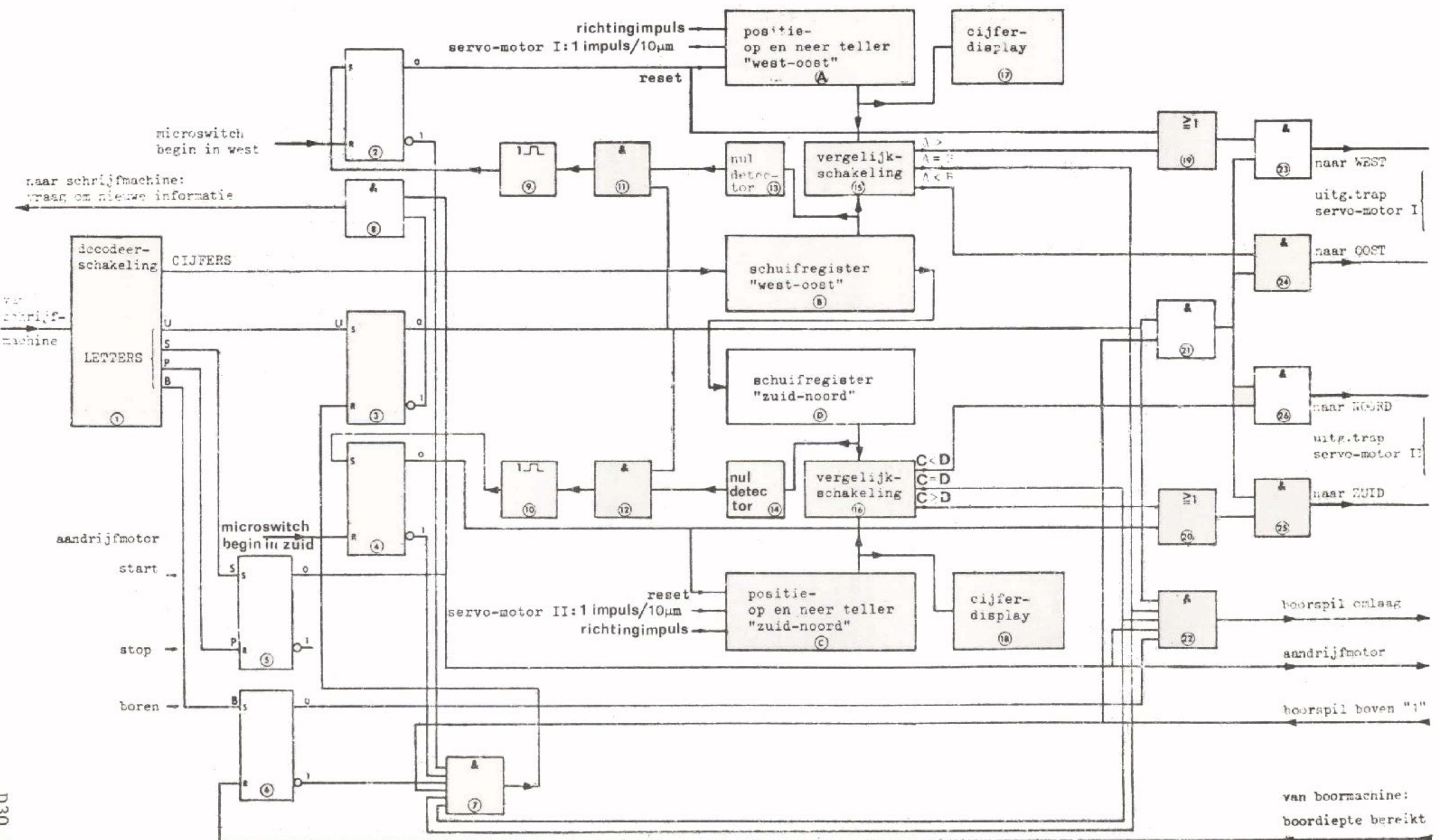
Met de hand brengt men de gaten achtereenvolgens onder de boor (handbediening van de servo-motoren). Telkens als een gat precies onder de boor zit, geeft men de coördinaten van dit gat via de wegen c en b door naar de schrijfmachine. Deze kan zo 't boorprogramma in de ponsband en op papier brengen.

Door de schrijfmachine vanuit de besturing te bedienen kan men bovendien door de boormachine uitgevoerde handelingen achteraf controleren. De schrijfmachine noteert dan op papier wat de boormachine heeft gedaan.

HET UITVOEREN VAN EEN BOORPROGRAMMA

Meestal zal een boorprogramma uitgevoerd worden aan de hand van een zich in de schrijfmachine bevindende ponsband. Via ingangstrappen wordt de opdrachtinformatie langs weg a aan de *besturing* toegevoerd. De besturing geeft de opdrachten langs weg d door naar boormachine met bijbehoren. Dit geschiedt via uitgangstrappen. Deze bestaan uit transistoruitgangsversterkers, gecombineerd met magneetschakelaars of thyristors.
De versterkers worden ook wel gecombineerd met cylinders met zuigers, die door middel van perslucht bediend worden, of met speciale perslucht motors. Telkens als een handeling verricht is, moeten er terugmeldingen plaatsvinden naar de besturing. Dit gebeurt via weg c. Daarvoor zijn opnemers, omzetters, ontstoringsfilters en "ingangstrappen voor de besturing" nodig.
De besturing kan de terugmelding via weg b doorgeven naar de schrijfmachine. Daarvoor zijn de uitgangstrappen aanwezig.

Het hart van het systeem wordt gevormd door de besturing. Deze bevat de logische schakelingen (de "logica"), waarmee bepaald wordt welke handelingen er verricht worden. Op de volgende bladen gaan we aan de hand van het blokschema nader in op de besturing van blad 17.



richtingimpuls
servo-motor I: 1 impuls/10µm
reset
positie- op en neer teller "west-oost"
cijfer-display
microswitch begin in west
naar schrijfmachine: vraag om nieuwe informatie
nul detector
vergelijk-schakeling
A = B
naar WEST
uitg.trap servo-motor I
naar OOST
decodeer-schakeling
CIJFERS
LETTERS
schuifregister "west-oost"
schuifregister "zuid-noord"
uitg.trap servo-motor II
C < D
C = D
C > D
nul detec tor
vergelijk-schakeling
naar ZUID
aandrijfmotor
microswitch begin in zuid
start
reset
servo-motor II: 1 impuls/10µm
richtingimpuls
positie- op en neer teller "zuid-noord"
cijfer-display
boorspil omlaag
stop
aandrijfmotor
boren
boorspil boven "1"
van boormachine: boordiepte bereikt

DE BESTURING

Op vorig blad is een overzicht van de besturing in de vorm van een blokschema getekend. Een aantal blokken vertegenwoordigen functies, zoals:

- OR's Dit zijn de nummers [en]
- AND's Dit zijn [, , , , , , en]
- One Shots Dit zijn [en]
- Flip-Flops Dit zijn [, , , en]

Andere blokken vertegenwoordigen ingewikkelder functies. Dit zijn:

- Een *decodeerschakeling* (1). Deze moet de van de schrijfmachine afkomende informatie omzetten in digitale *cijfer*-informatie en digitale *letter*-informatie. De cijfer-informatie bevat de waarden van de coördinaten van het te boren gat. De letter-informatie bevat de opdrachten:

  U = Uitvoeringscommando

  S = Starten van de aandrijfmotor

  P = stoppen van de aandrijfmotor

  B = Boren, waarbij de boorspil omlaag gaat.

- Twee in serie geschakelde *schuifregisters*, waarin de cijferinformatie voor de zuid-noord en die voor de west-oost-coördinaat geschoven (B en D) De coördinaten worden daarmee tot op 10μ nauwkeurig vastgelegd. Elk register kan in BCD-code een getal van vijf cijfers bevatten, en is dus samengesteld uit [ ] JK-flip-flops.

- Twee *positie-op en neer tellers*. (A en C). Deze tellers krijgen van de servo-motors als informatie:
  - De coördinaten tot op 10μm nauwkeurig van het punt van de boortafel dat zich onder de boor bevindt.
  - In welke richtingen de boortafel zich beweegt. Dit is nodig opdat de tellers weten of zij "op" dan wel "neer" moeten tellen.

  De coördinaten-informatie wordt met twee cijfer-display's (17) en (18) zichtbaar gemaakt.

- Twee *vergelijk-schakelingen* (15) en (16). Zij kunnen elk bijvoorbeeld uit twee verschilversterkers zijn samengesteld. Zij dienen om de bestaande posities A(west-oost) en C(zuid-noord) van de boortafel te vergelijken met de opgedragen posities B(west-oost) en C(zuid-noord). Verschilt bijvoorbeeld de bestaande positie A van de gewenste positie B doordat $A < B$, dan krijgt servo-motor I opdracht om de boortafel naar oost te bewegen. Is $A > B$, dan krijgt servo-motor I opdracht om andersom te draaien en de boortafel dus naar west te bewegen.

Twee zogenaamde *nuldetectors* (13) en (14) . Dit zijn schakelingen die "1" afgeven zodra uitsluitend "nullen" worden aangeboden door het voorafgaande schuifregister.

PROGRAMMA VOOR DE BESTURING.

De werking van de besturing bespreken we door het uitvoeren van een programma dat op de ponsband staat, te behandelen. Hieronder ziet U begin en eind van een programma voorbeeld met verklarende tekst voor het boren van 25 gaten.

S			
S			
S	aanloopstrook met "starten van aandrijfmotor S".		
S			
S			
0	digit met zwaarste gewicht (m.s.)*		
0		positie	
0		zuid-noord	nulstel-
0		000,00 mm	cyclus
0	digit met minst zware gewicht(L.s.)		(zonder
0	digit met zwaarste gewicht (m.s.)		boor-
0		positie	opdracht)
0		west-oost	
0		000,00 mm	
0	digit met minst zware gewicht (l.s.)		
U	uitvoeringscommando voor positioneren U .		
0	m.s.		
2			
3		positie zuid-noord	
0		023,00 mm	
0	l.s.		1e positioneer-cyclus
1	m.s.		(met boor-opdracht)
1			
5		positie west-oost	
0		115,00 mm	
0	l.s.		
B	boorcommando B		
U	uitvoeringscommando voor positioneren + boren U		

2e tot en met 24^e positioneer cyclus (met boor-opdracht)

0	m.s.		
4			
6		positie zuid-noord	
5		046,50 mm	
0	l.s.		25e positioneer-cyclus
0	m.s.		(met boor-opdracht)
2			
0		positie west-oost	
0		020,00 mm	
0	l.s.		
B	boorcommando B		
U	uitvoeringscommando voor positioneren + boren U		
P	aandrijfmotor moet stoppen P		
spatie			
spatie			
spatie	uitloopstrook		
spatie			
spatie			

* Bij de digits komen de uitdrukkingen m.s. en l.s. voor. Deze betekenen "most significant" en "least significant", engelse uitdrukkingen voor "meest betekenend" en "minst betekenend". De uitloopstrook bevat geen geen informatie.

UITVOEREN VAN NULSTEL-CYCLUS.

Zie ook blad 17.

Eerst een algemene opmerking.

Bij deze boormachine wordt verondersteld:

- na het beëindigen van een boorprogramma wordt de machine stil gezet en altijd de boortafel in zijn laatste positie achtergelaten; deze positie is willekeurig; bijvoorbeeld 321,02 en 840,11.
- elk nieuw boorprogramma begint met "het naar de positie 000,00 en 000,00 brengen van de boortafel". De positietellers worden gereset; de opdracht tot deze zogenaamde nulstel-cyclus geschiedt via ⑬, ⑪, ⑨, ②, en ⑭, ⑫, ⑩, ④.

We nemen nu het terugbrengen naar de oorsprong door.

De ponsband wordt met zijn aanloopstrook in de bandlezer gelegd, die een deel van de schrijfmachine is. Bij het inschakelen van de voedingsspanning komen de flip flops ②, ③, ④, ⑤ en ⑥ automatisch in de op blad 17 getekende

toestanden. Het uitlezen van de band begint door op een niet getekende start-toets te drukken. De schrijfmachine leest het le karakter van de band, een S, en geeft dat door aan de decodeerschakeling. Hierdoor wordt flip-flop (5) geset en de aandrijfmotor begint te draaien.

De positie van de boortafel is bij het begin geen 000,00 - 000,00, maar wordt bepaald door de plaats waar bij de vorige programmas het laatste gat werd geboord. Flip flop (4) kan inderdaad in de getekende toestand verkeren. Zolang van AND (8) de uitgang 8Q = 1 is, wordt bij elke volgende klokimpuls het volgende karakter op de band uitgelezen en doorgegeven. Zolang flip flops (3) en (5) in de getekende toestand verkeren, blijft AND (8) om de volgende opdracht van de bandlezer vragen. Bij het aanbieden van de resterende S'sen van de aanloopstrook gebeurt verder niets bijzonders; de aandrijfmotor blijft draaien. Na de aanloopstrook worden 10 decimale cijfers aangeboden, hier allemaal nullen. Deze nullen worden de schuifregisters (B) en (D) ingeschoven.

Vervolgens wordt letter U in code aangeboden, waardoor flip flop (3) geset wordt. De vraag naar nieuwe informatie door AND (8) stopt. Met de signalen van de nuldetectoren (13) en (14) en 3Q worden de one shots (9) en (10) gestart, die flip flops (2) en (4) setten. Deze flip flops resetten op hun beurt de positietellers en houden ze daarna in stand 000,00.

De positie van de op- en neer tellers is steeds zichtbaar op de cijferdisplays. Dezelfde flip flops (2) en (4) zorgen ervoor dat via (19), (23) en (20), (25) de servo-motoren I en II gaan werken om de boortafel naar de uiterste zuid-west positie te brengen. Zodra de boortafel daar is aangekomen worden twee microswitches bediend, die flip flop (2) en (4) resetten. De servo-motoren stoppen door 2Q = 0 en 15Q = 0 en door 4Q = 0 en 16Q = 0.

And (7) krijgt nu zes "enen" aangeboden, omdat:

- flip flop (6) geen boorcommando krijgt	$\overline{6Q} = 1$
- flip flop (2) is gereset (beginpositie 000,00 west)	$\overline{2Q} = 1$
- flip flop (4) is gereset (beginpositie 000,00 zuid)	$\overline{4Q} = 1$
- voor (16) geldt C = D	16Q = 1
- voor (15) geldt A = B	15Q = 1
- boorspil staat boven in de rusttoestand	= 1

Via AND (7) wordt flip flop (3) gereset, waardoor de boortafel niet meer van positie kan veranderen (21Q = 0). AND (8) vraagt om nieuwe informatie.

UITVOEREN VAN HET BOREN

De volgende nieuwe informatie bestaat uit tien decimale cijfers, die in de schuifregisters (B) en (D) worden geschoven. Daar achteraan komt boorcommando B, waardoor flip flop (6) wordt geset. Hiermee zijn de gegevens van de nog uit te voeren positioneer- en booropdracht aangebracht.

Door achtereenvolgens uitvoeringscommando U toe te voeren, wordt het positioneren en boren uitgevoerd. Daarbij wordt het vragen om nieuwe informatie gestopt. Achtereenvolgens gebeurt het volgende:

- signaal U set flip flop [ ]
- AND (21) krijgt nu twee "enen" toegevoerd, namelijk van [ ] en [ ]
- Verder geldt [A B] en [C D] , zodat de AND's [ ] en [ ] "enen" krijgen toegevoerd.
- daardoor gaan de servo-motors werken om de boortafel naar [ ] en naar [ ] te bewegen
- zodra [A B] en [C D] , krijgen de AND's [ ] en [ ] geen "enen" meer en stoppen de servo-motors.
- AND (22) krijgt dan 5 "enen" omdat:

____

____

____

____

- hierdoor gaat de boorspil omlaag en wordt het gat geboord.
- zodra de boordiepte bereikt is wordt flip flop [ ] gereset, waardoor AND [ ] een "0" krijgt toegevoerd en de boorspil door een veer weer omhoog gaat.
- als de boorspil weer boven is krijgt AND (7) uitsluitend [**nullen / enen**] toegevoerd en wordt flip flop [ ] gereset.

- AND (8) krijgt dan een | 0 / 1 | van (3) en een | 0 / 1 | van (5)
  zodat er | wel / niet | om nieuwe informatie wordt gevraagd.

De volgende nieuwe informatie bestaat uit de tien decimale cijfers voor de positie van het 2e gat plus de B van de booropdracht. Op dezelfde wijze wordt daarna de boortafel verplaatst en het 2e gat geboord.
Zo worden de 25 gaten achtereenvolgens geboord.
Na de laatste uitvoering van boren komt de informatie P binnen. Deze zorgt voor het resetten van flip flop [ ] , waardoor

[ ]

OPMERKINGEN:

Het boren van het 1e gat is uitvoerig beschreven. De uitvoering van latere opdrachten kan op volgende punten enigszins hiervan afwijken.

- A > B, zodat OR (19) een "1" krijgt toegevoerd die via AND [ ] wordt doorgegeven; daardoor beweegt de boortafel. naar [ ].
- C > D, zodat OR (20) een "1" krijgt toegevoerd die via AND [ ] wordt doorgegeven; daardoor beweegt de boortafel naar [ ].
- De booropdracht B ontbreekt. Dan wordt alleen maar de boortafel naar een andere positie gebracht zonder dat daar een gat wordt geboord. (Dit gebeurde ook reeds bij de nulstel-cyclus).

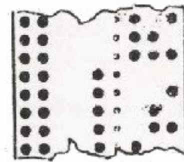
Het besproken systeem is, zoals eerder vermeld, vereenvoudigd gebracht.
Geen aandacht is besteed aan:

- het toevoeren van kloksignalen (denk onder andere aan JK-flip flops van de tellers)
- het afremmen of blokkeren van de boortafel
- de soorten van motors die worden toegepast.
- de verplaatsingsopnemers en de daarbij benodigde schakelingen
- de voeding
- de handbediening, nodig als de boormachine als meettafel gebruikt wordt
- beveiliging van machine en bedienend personeel.

SAMENVATTING

● Informatie is *vast te leggen.*

- Op *ponsband*. Voor de karakters (letters, cijfers, leestekens) staan 8 bits ter beschikking. De ponsband is te "lezen" met behulp van aftastpennen, of met behulp van fotodioden. Een gat is een "1" Er zijn ook ponsbanden met 5 en 7 bits.



- Op *ponskaarten*. Op elke kaart kunnen 80 karakters vastgelegd worden. Een cijfer met één ponsgat, een letter met twee ponsgaten.

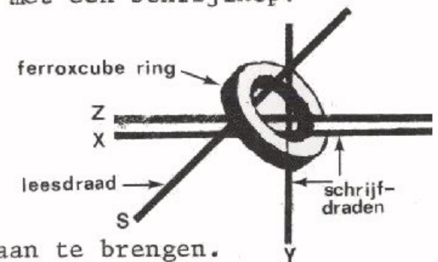
- Door *direct leesbare uit punten opgebouwde karakters* op papier. De cijfers en letters zijn elk in een "5 x 7 matrix" aangebracht.



- Op *magneetband*. Deze is voorzien van een magnetiseerbare deklaag of emulsie. Het magnetiseren gebeurt met behulp van een schrijfkop.

- Op *magnetische schijven*. Ook deze zijn voorzien van een magnetiseerbare emulsie. Deze is spiraalsgewijs te magnetiseren met een schrijfkop.

- In een *ringkerngeheugen*. Dit is samengesteld uit kleine ferroxcube ringetjes, die te magnetiseren zijn met behulp van stroomvoerende draadjes die door het ringetje zijn gestoken.



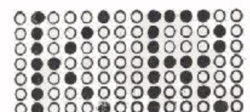
- In *flip-flop's*, waarvan er vele op één IC zijn aan te brengen.

● *Display* is het *zichtbaar weergeven* van informatie. Dit kan onder andere met:

- *Cijferindicatorbuizen.*
- *Zeven-segment-weergave*. De segmenten kunnen bestaan uit langwerpige lampjes of uit "vloeibare kristallen".



- *Lampjes* of LED's, die in een matrix zijn opgesteld van bijvoorbeeld 5 x 7 .
- *Lichtkranten*. Deze zijn uit lange rijen lampen samengesteld, die elk door een schuifregister bediend worden.



- *Kathodestraalbuis*. Deze kan de karakters weergeven met horizontale strepen.



- *Codering* van informatie waarbij enkele voorbeelden gegeven zijn.
  - ASCII, afkorting van Engelse uitdrukking die betekent "Amerikaanse Standaard Code voor Informatie Uitwisseling". Deze code bestaat uit $4 + 3 = 7$ bits, waarmee $2^4 \times 2^3 = 16 \times 8 = 128$ karakters worden vastgelegd. De code wordt in een tabel met 16 rijen en 8 kolommen verstrekt (zie blad 10).
  - Op blad 3 is een voor *ponskaarten* toegepaste code gegeven. Een gat vertegenwoordigt een cijfer. Letters worden door 2 gaten vastgelegd. Per karakter beschikt men over 12 bits.
  - Op blad 6 is een code voor *zeven segment-weergave* vastgelegd. De segmenten zijn genummerd. Elk oplichtend segment vertegenwoordigd een "1", elk niet oplichtend segment een "0".
- Een *digitaal* vanuit ponsband gestuurde *coördinaten-boormachine* is besproken.

  Daarbij is ingegaan op:
  - Servo-motors. Deze dienen om de boortafel in de west-oost en in de zuid-noord-richting te kunnen verplaatsen.
  - Op- en neer-tellers. Deze dienen om de positie van de boortafel te registreren met behulp van impulsen die de servo-motors verstrekken.
  - Schuifregisters. Deze dienen om er de informatie in op te slaan die de vereiste coördinaten van het te boren gat vastlegt.
  - Vergelijkschakelingen. Deze dienen om waar te nemen of de opgegeven positie door de boortafel al of niet bereikt is.
  - Een pons-typemachine met bandponser en bandlezer. Deze is nodig voor het werken met de ponsband. Enerzijds kan een programma op een band gezet worden, anderszijds kunnen cijfers en letters van de band aan de besturing geleverd worden.

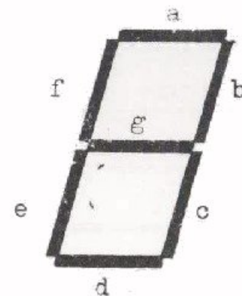
NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1. De "zeven segment-code" volgt uit de figuren op blad 6. Vul zelf de tabel in, die aan deze code moet voldoen. Hierbij is elk oplichtend segment "1" en elk niet oplichtend segment "0".

decimaal cijfer	a	b	c	d	e	f	g
	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	0	1	1
	1	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	1
	1	0	1	1	0	1	1
	1	0	1	1	1	1	1



2. De ASCII-code staat op blad 10.
Vul onderstaande tabellen in bij gebruik van deze code.

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	karakter
0	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	
0	1	1	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	0	1	
1	0	0	0	0	0	1	
1	0	0	0	0	1	0	
1	0	1	1	0	1	0	
							?
							=
							(
							a
							z
							)
							.

3. Stel zelf hieronder een boorprogramma samen voor de besproken coördinaten-boormachine.
Achtereenvolgens moeten de volgende handelingen geschieden.

- boortafel naar nul-positie brengen
- gat boren met coördinaten zuid - noord 120 mm
west - oost 10 mm
- gat met coördinaten zuid - noord 100 mm
west - oost 20 mm
- machine stoppen

Schrijf de toe te voeren letters en cijfers hieronder achter elkaar op.

____

____

____

____

____

____

D 31

STOORIMPULSEN IN DIGITALE ELEKTRONISCHE SYSTEMEN

In de voorgaande les is de communicatie tussen mens en elektronisch systeem besproken.

Hierbij gingen we na hoe de informatie aan een machine aangeboden wordt en hoe na verwerking de informatie weer teruggegeven kan worden. Hierbij kwam ter sprake:

- Het lezen van ponsbanden en ponskaarten met zogenaamde aftastpennen of met lichtgevoelige dioden.
- Het weergeven van informatie met
  - cijferindicatorbuizen
  - zeven segment displays
  - matrix van verlichte punten
- Het vastleggen van informatie op
  - ponsband
  - ponskaart
  - magnetische band
  - magnetische schijf

In deze les komen de oorzaken van ongewenst optredende impulsen ter sprake. We hebben hierover al eerder gesproken in D17. Toen hebben we echter alléén impulsen besproken die veroorzaakt werden door ongewenste vertragingen. Vertragingen die het gevolg waren van op- en ontlaadtijden van condensators, van spoelen of leidingen met zelfinductie en van traag schakelende dioden en transistors.

In deze les bespreken we oorzaken van storingen binnen het systeem, die bijvoorbeeld veroorzaakt worden door verkeerde opbouw. Een voorbeeld is: verkeerde aarding.

Daarnaast komen storingsoorzaken buiten het systeem aan de orde. Het is ondoenlijk om al deze storingen te bespreken. De meest bekende zijn: bliksem, in- en uitschakelen van grote stromen, elektromotoren, andere digitale systemen. We bespreken langs welke wegen deze storingen het systeem kunnen binnenkomen, hoe dit binnenkomen eventueel verhinderd kan worden en hoe de storing zo nodig bij de bron zelf onderdrukt kan worden.

Bovendien komt de *storingsgevoeligheid* van een digitaal systeem ter sprake, met name:
- waar deze van afhangt
- hoe de gevoeligheid voor storingen te beperken is.

DE AARD EN DE GEVOLGEN VAN STOORIMPULSEN.

Onder stoorimpulsen verstaat men alle ongewenste signalen die van invloed kunnen zijn op de verwerking van digitale informatie.

Voorbeelden:
- Een one-shot ontvangt aan zijn ingang een stoorpiekje. Hij geeft daardoor ten onrechte een impuls af, die als informatie verwerkt wordt.
- Een bistabiele multivibrator of flip flop kan omgezet worden door een stoorpiekje op de ingang.
- Als een teller tegelijk met de gewenste ingangsinformatie een stoorpiekje krijgt aangeboden, kan hij daardoor een verkeerd getal weergeven.

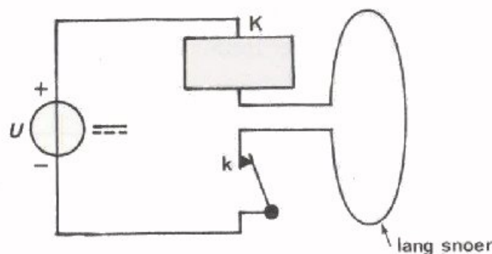
De gevolgen van het ontstaan van stoorimpulsen hangen af van de aard van het informatieverwerkend systeem:
- een alarmsysteem kan ten onrechte alarm geven of een alarm opheffen.
- een kleine fout in de berekening van de koers van een ruimte-schip naar Mars kan veroorzaken dat het ruimte-schip de planeet niet bereikt. Hierdoor zijn vele jaren werk voor niets geweest.
- een pers kan ten onrechte in beweging worden gezet, waardoor de gebruiker van de pers een hand verliest.

Het zal uit de gegeven voorbeelden duidelijk zijn dat zoveel mogelijk gedaan wordt om digitale systemen storingsvrij te maken. Om bij de bouw van een digitaal informatieverwerkend systeem de storingskans zo klein mogelijk te kunnen houden is het nodig de storingsoorzaken goed te kennen. Alleen dan kan er rekening mee gehouden worden.

Voordat we het verder over storingsoorzaken hebben, gaan we enige praktische ervaring met storing opdoen in een opdracht. Daarbij gaan we een zelf gebouwd digitaal systeem dusdanig "storen", dat het niet goed meer werkt.

STORING OP EEN ALARMSYSTEEM

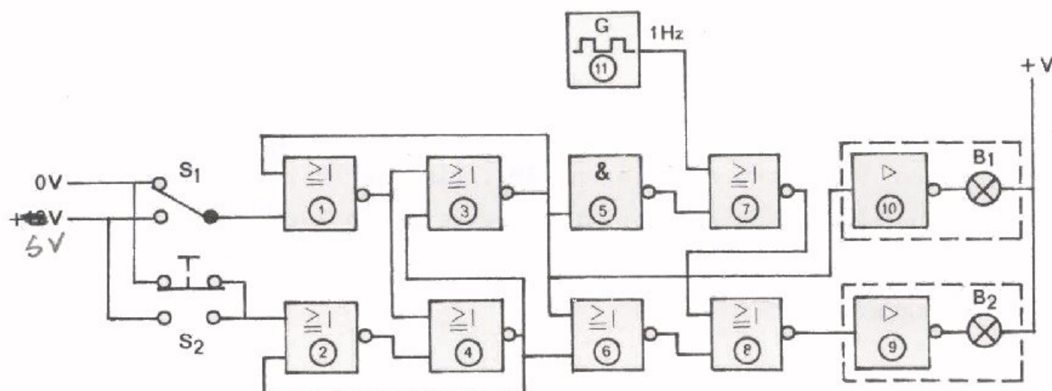
Als voorbeeld van een systeem, waarvan de werking verstoord kan worden door van buiten komende stoorimpulsen, nemen we het alarmsysteem uit D10. We bouwen dit alarmsysteem nog eens. Tijdens zijn werking gaan we dit systeem storen. Als stoorbron gebruiken we daarbij een relais dat uit zichzelf blijft trillen.



De relais-schakeling staat hiernaast. Door de stroom, die de spanningsbron levert via contact k, wordt het relais bekrachtigd. Hierdoor wordt contact k onderbroken, zodat de relaisspoel K geen stroom meer krijgt. Het relais keert terug naar zijn rusttoestand, waarbij k weer gesloten wordt. Hierdoor wordt het relais opnieuw bekrachtigd, enz.

OPDRACHT: STOREN VAN EEN ALARMSYSTEEM.

- Bouw onderstaande schakeling.



Nog even ter herinnering:

S2 wordt even gesloten. Als daarna S1 en S2 beiden open zijn, moeten B1 en B2 niet branden.

Als alleen S1 gesloten is, moet B1 continu branden en B2 knipperen.

Als S1 en S2 gesloten zijn, moet B1 niet en B2 continu branden.

- Gebruik de 1 Hz generator van het paneel.
- Sluit alleen S1 en controleer of de schakeling goed werkt.
- Bouw de stoorschakeling op het analoge paneel. Neem een aparte 24V-voedingsbron. Zorg dat U in de stoorschakeling een lang snoer gebruikt Daarmee moet een lus te vormen zijn die in de buurt van alarmschakeling gebracht kan worden.

- Probeer met het lange snoer of de goede werking van de alarmschakeling verstoord kan worden bij S1 alleen gesloten.
  Dit lukt wel / niet
- Probeer ook voor de toestanden "S1 en S2 open" en "S1 en S2 gesloten" of de werking van de schakeling te verstoren is.

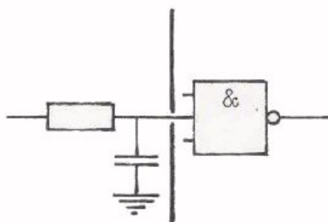
STORINGSOORZAKEN BUITEN HET DIGITALE SYSTEEM.

Buiten het digitale systeem opgewekte storingen kunnen bestaan uit.

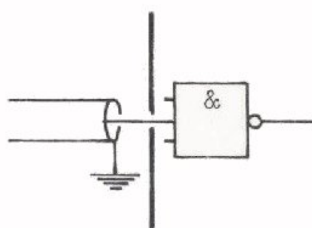
- Elektrische- of magnetische stoorvelden die *draadloos* het systeem binnenkomen en daar stoorspanningen veroorzaken. Deze stoorvelden kunnen onder andere ontstaan door bliksem, vonkende ontsteking van benzinemotoren, vonkende elektrische motoren.
- Stoorspanningen, die worden opgepikt door *bedrading* die zich buiten het systeem bevindt, en via deze bedrading het systeem binnenkomen. Genoemde bedrading buiten het systeem kan zijn:
  1. Netbedrading (bv. 220 V).
  2. De verbindingen van opnemers en schakelaars met het digitale systeem
  3. De verbindingen tussen het digitale systeem en weergevers (bv. lampen, relais, claxons).

Elektrische stoorvelden veroorzaken stromen door parasitaire capaciteiten. We zeggen daarom wel dat ze "capacitief binnenkomen". Magnetische stoorvelden induceren spanningen in geleiders. We zeggen wel dat ze "inducatief binnenkomen". In de zojuist uitgevoerde opdracht heeft U zelf ervaren dat een stoorveld de werking van een digitaal systeem ernstig in de war kan brengen.

Over het algemeen zullen sterke stoorvelden echter niet gauw optreden. Als men er toch last van heeft is de invloed afdoend te onderdrukken door het gehele systeem in een *goed geaarde metalen kast* onder te brengen.



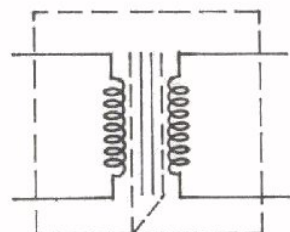
Vaak bevindt zich buiten het digitale systeem nog een zeer lange bedrading die met het systeem is verbonden. Dit is bv. het geval als opnemers, bedieningsschakelaars en weergevers vele meters van het systeem verwijderd zijn opgesteld. De dan noodzakelijke lange verbindingen doen gemakkelijk dienst als "antennen" die stoorspanningen uit de omgeving opvangen. De



stoorspanningen kan men beletten het digitale systeem binnen te komen door middel van *RC-filters*, die men opstelt op de plaats waar de leidingen de kast binnenkomen. Genoemde filters hebben als nadeel dat ze een ingangssignaal vertragen. Is deze extra vertraging ontoelaatbaar, dan moet men *afgeschermde* kabel toepassen. De kabel-afscherming dient daarbij op *slechts één plaats* vlak bij de systeemkast, geaard te worden.

Bijzondere aandacht verdienen de netspanningsleidingen. Ook zij kunnen als "antennes" dienst doen die storingen uit de omgeving oppikken. Tijdens onweer is bliksem in staat om inductie-spanningspieken van duizenden volt in het net te veroorzaken. Verder heeft de netleiding zelfinductie Wordt een zeer grote stroomafname van het net plotseling onderbroken, dan ontstaat een grote zelf-inductie-spanningspiek op de netleiding. In de praktijk komt dit nogal veel voor.
Om te voorkomen dat netstoorimpulsen via de netleiding het systeem binnenkomen past men wel een *netfilter* toe. Dit plaatst men vlak bij het voedingsdeel van het digitale systeem tegen de metalen kastwand aan. Men dient er namelijk voor te zorgen dat de van buiten komende bedrading zich zo min mogelijk binnen de metalen afschermkast bevindt.

Netstoringen worden ook buiten het systeem gehouden door het aanbrengen van een geaarde afscherming tussen de primaire- en de secundiare windingen van een nettransformator. Deze afscherming wordt meegewikkeld met de andere wikkelingen, maar er moet voor gezorgd worden, dat het geen kortgesloten winding vormt.



Van groot belang is verder dat men uitgaande bedrading nooit parallel aan leidingen van het digitale systeem mag leggen. Tussen parallel lopende leidingen is een niet te verwaarlozen capaciteit aanwezig, waardoor signalen van de ene leiding capacitief naar de andere doorgegeven kunnen worden. Ook inductief kan dit gebeuren omdat de ene geleider gekoppeld is met het veranderde magnetische veld van de andere geleider.

In geval een leiding een impulsspanning overdraagt op een andere leiding spreekt men van *overspraak*.
Moet een leiding toch in de buurt van een andere komen, dan is overspraak tot een minimum te beperken door de leidingen loodrecht op elkaar te monteren.

We geven nog even een overzicht van mogelijke van *buiten* komende storingsoorzaken.

storing van buiten komend	draadloos	via bedrading
	- capacitief - inducatief	- via netleiding - via schakelaardraden - via opnemerdraden - via weergeverdraden
te nemen maatregelen	- goed geaarde metalen kast	- geaarde afscherming - storing onderdrukkende filters - geaarde afscherming tussen primaire- en secundaire windingen van voedingstrafo.

STORINGSOORZAKEN BINNEN HET DIGITALE SYSTEEM.

Binnen het digitale systeem opgewekte sotringen kunnen ontstaan door:

- Ongewenste vertragingen die diverse componenten veroorzaken.
  Hierover is in een vorige digitale les reeds gesproken.
- Overspraak tussen leidingen.
  Dit is o.a. te voorkomen door:
  - De bedrading niet langer te maken dan nodig is.
  - Signaaldraden nooit parallel te leggen aan draden die óf een hoge spanning -of een hoge stroom voeren.
  - Signaaldraden nooit parallel te leggen aan draden die tot de "buitenste bedrading" behoren.
  - Draden alleen samen te bundelen tot zogenaamde "draadbomen" als dit toelaatbaar is.
  - De draden door dezelfde heen- en teruggaande stroom in elkaar te draaien (men noemt dit: twisten). De stroom veroorzaakt dan vrijwel geen magnetisch veld meer buiten de geleiders.

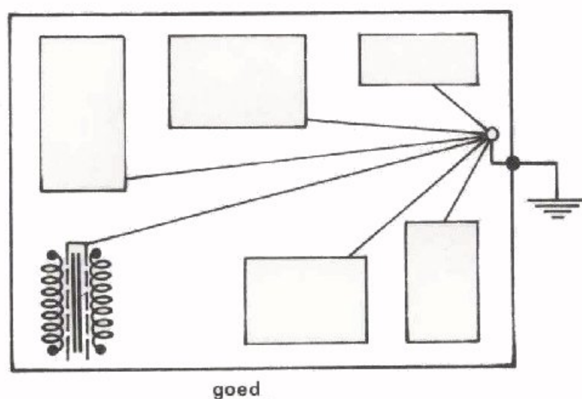
- Elk deel van het digitale systeem een eigen plaats in de kast te geven. Daarbij worden de bedradingen van de verschillende delen zo goed mogelijk gescheiden gehouden.
- Ingangsfilters zo dicht mogelijk aan de kastwand plaatsen opdat de niet-gefilterde "buitenbedrading" binnen de kast zo kort mogelijk gehouden kan worden.

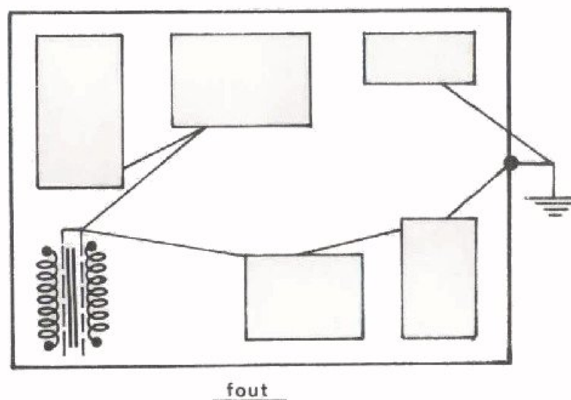
● Slecht leggen van 0 V leidingen.

Grote stromen door 0 V-leidingen (bv. schakelstromen van uitgangstrappen) veroorzaken over deze leidingen kleine spanningen. Deze kleine spanningen kunnen als stoorspanning werken in 0 V leidingen van andere delen van de schakeling. Men dient de 0 V-leidingen voor grote stromen daarom apart naar het voedingsapparaat terug te voeren.

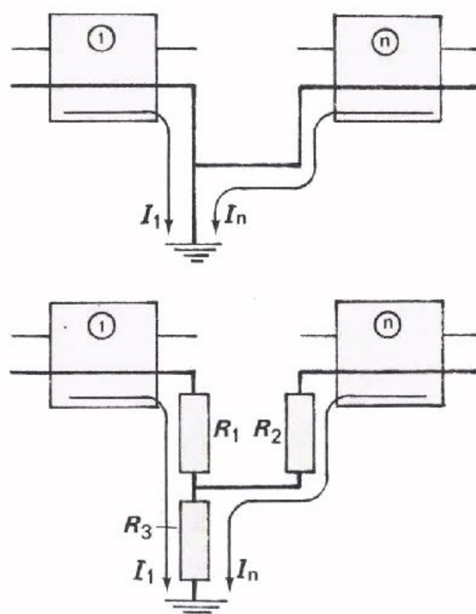
● Slechte aarding.

De aardpunten van de verschillende delen van een systeem mogen *niet* onderling doorverbonden worden. Zij moeten elk op een zogenaamd *centraal aardpunt* (c.e.p.) worden aangesloten. Alleen dit c.e.p. mag via één dikke leiding met één punt van de metalen kastwand verbonden worden en dit punt weer met een aarde buiten de kast.


goed


fout

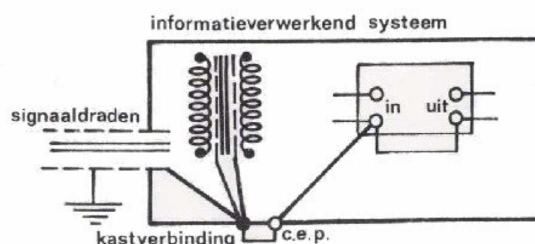
Dat het verkeerd leggen van aard- en OV-leidingen aanleiding tot storing kan geven is als volgt in te zien.



Hiernaast is een voorbeeld van verkeerde aarding geschetst. De aardleidingen van functie (1) en een andere functie (n) hebben een gemeenschappelijk stuk, waar de stromen I_1 en I_n beide door lopen.

De aardleidingen hebben echter enige weerstand, al is die ook klein. Over de gemeenschap schappelijke weerstand R_3 zullen I_1 en I_n beide spanningen veroorzaken. Zo zal ongewenst I_1 van invloed zijn op (n) en I_n op (1).

Indien een enkel apparaat wordt gebruikt wordt het c.e.p. direct aan de kast gelegd en verbonden met het aardpunt waaraan ook de afscherming van de signaaldraden gelegd is. Het c.e.p. is via een klem uitwendig bereikbaar (zie o).



Indien meerdere van dit soort kasten worden samengevoegd tot één systeem, mogen de c .e.p.'s van deze kasten niet alle met hun eigen kast verbonden worden.

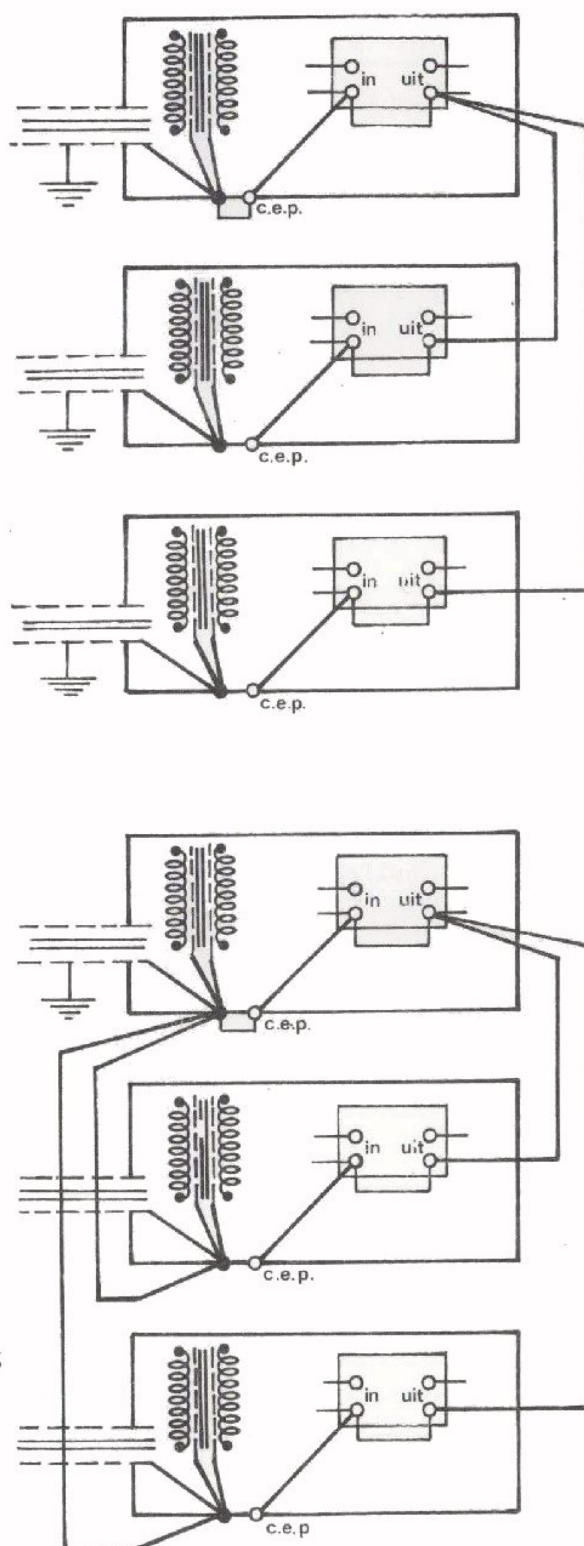
Slechts één van de c.e.p.'s wordt met de kast verbonden (hier de bovenste).

De andere c.e.p.'s worden via het informatieverwerkende systeem alle met één kast verbonden.

Alle kasten mogen afzonderlijk met aarde verbonden worden. *Beter* is echter om ook de kasten eerst door te verbinden en vervolgens op één punt met de afscherming van de signaaldraden te verbinden.

Bekijk de getekende figuren goed.

ONTHOUD: Nooit mag zowel via het informatieverwerkend systeem *en* direct de kast aan aarde gelegd worden. Dubbele aarding betekent namelijk dat we niet weten hoe de stromen lopen. Het risico van een gemeenschappelijk stuk aardleiding en dus een gemeenschappelijke impedantie in de leiding is dan te groot.

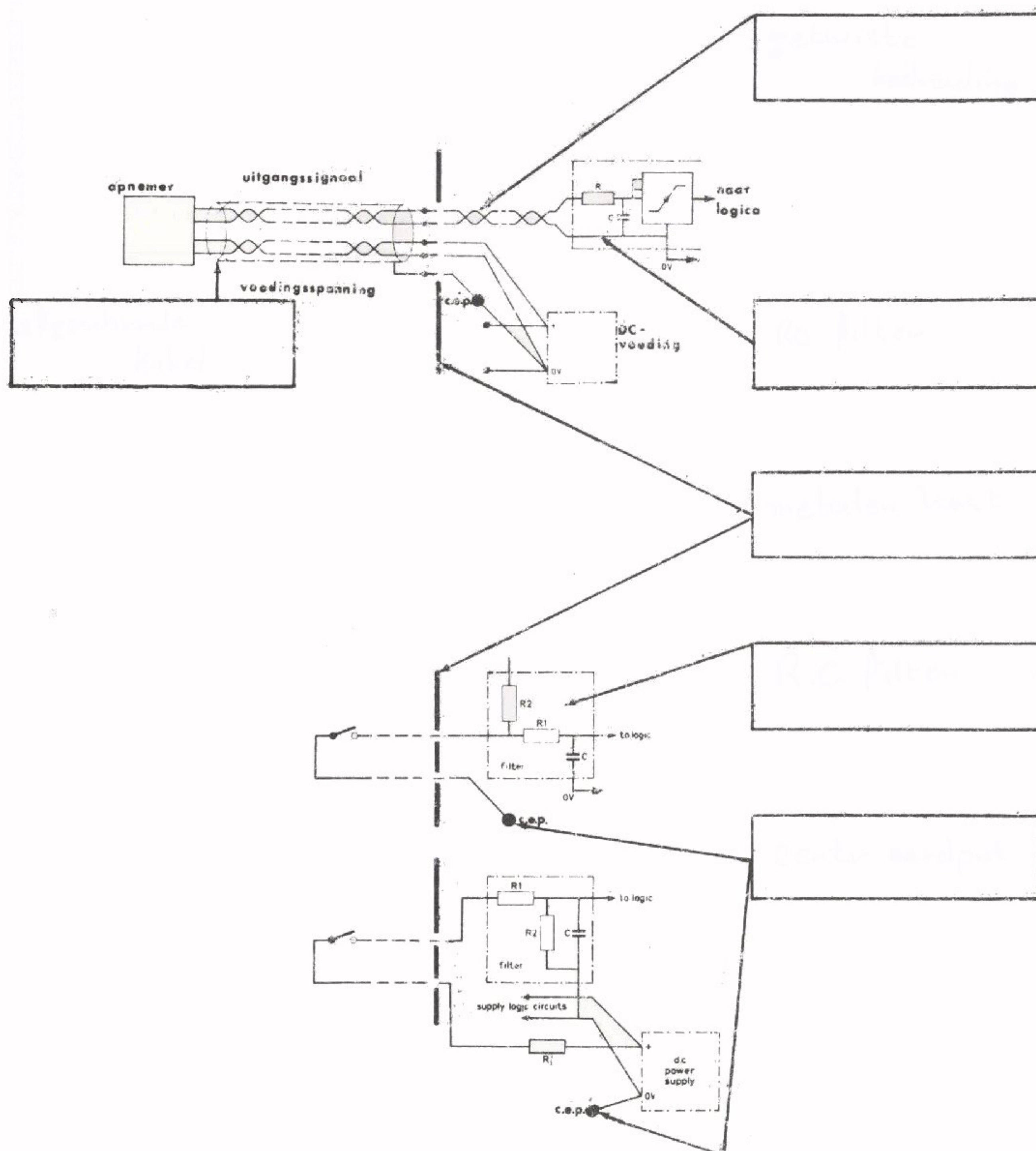


Hieronder een overzicht van mogelijke storingsoorzaken *binnen* het digitale systeem.

STORING VAN BINNEN	Maatregelen ter voorkoming.
Ongewenste vertragingen	Toepassing klokimpulsen
Overspraak tussen leidingen	- korte bedrading - signaaldraden niet dicht bij elkaar parallel - signaaldraden niet dicht bij draden met grote wisselspanningen of stromen - draden niet onnodig bundelen. - heen- en terugleidingen twisten - diverse delen apart houden - ingangsfilters dicht aan de wand.
Verkeerde aardleidingen en nulleidingen	- centraal aardpunt toepassen - gemeenschappelijke stukken aard- of nulleiding vermijden - indien meerdere apparaten tot één systeem zijn samengevoegd mogen c.e.p. niet alle met hun kast verbonden worden. De aarding moet op één punt gebeuren. De kasten mogen zelf wel alle geaard worden. Het is beter om alles op één punt te aarden.

OEFENINGEN

Hieronder volgen een aantal voorbeelden met storingsonderdrukkende maatregelen. Noem naast de figuren de maatregelen die U herkent.



DE STORINGSGEVOELIGHEID

In de praktijk blijkt het ene systeem gevoeliger voor storingen te zijn dan het andere. Wat houdt "gevoeliger voor storingen zijn" eigenlijk in ? We lichten dit toe met enkele voorbeelden:

- We voeren aan de systemen A en B een in grootte toenemende stoorspanning toe. Systeem A wordt gestoord als de stoorspanning is aangegroeid tot 0,5 V, systeem B als hij is aangegroeid tot 2V. We zeggen dan dat systeem A gevoeliger is voor storingen dan systeem B. Hoe kleiner stoorspanning een storing tot gevolg heeft, des te gevoeliger een systeem voor storingen is. Of een systeem al dan niet door een spanning verstoord wordt, wordt dus bepaald door de *grootte* van de stoorspanning.
- Ook de *tijdsduur* van de stoorspanning is mede bepalend of het systeem gestoord wordt. Terwijl bij een systeem C een impulsduur van 1 µs reeds voldoende is om storing tot gevolg te hebben, is dit bij een systeem D bijvoorbeeld 10 µs. Dan is C gevoeliger voor stoorimpulsen dan D. Hoe smallere stoorimpulsen voldoende zijn om een systeem te verstoren, des te gevoeliger het voor stoorimpulsen is.
- Tenslotte zal in het ene systeem gemakkelijker een stoorspanning ontstaan dan in het andere. Bijvoorbeeld een systeem E is niet en systeem F is wel in een geaarde metalen kast opgeborgen. In dit geval induceren stoorvelden van buiten in E gemakkelijk stoorspanningen, terwijl dit bij F niet het geval is. E is gevoeliger voor storingen dan F. Hoe gemakkelijker een stoorspanning in een systeem kan ontstaan, des te gevoeliger is het voor storingen.

De storingsgevoeligheid van een systeem wordt mede bepaald door de storingsgevoeligheid van de functies waaruit het is opgebouwd. Hoe groot een stoorsignaal moet zijn om voor een functie storend te werken, ligt vast met de zogenaamde *gelijkspanningsdrempels* van de functie. Hierop komen we terug.

Hoe lang een stoorsignaal aanwezig moet zijn om storend te werken hangt af van de *snelheid* van de functies en de schakelingen van het systeem.

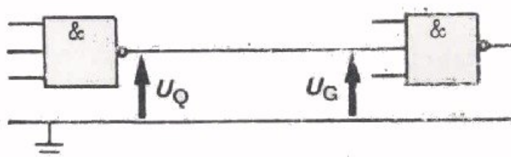
Hoe gemakkelijk een effectieve stoorspanning kan ontstaan hangt af van de grootte van de *weerstand* tussen de "hete" punten en de nulleiding.

Samenvattend kunnen we stellen dat voor de storingsgevoeligheid volgende punten van belang zijn:
- De gelijkspanningsdrempels van de functies.

- De snelheid van de functies en de schakelingen
- De weerstand tussen diverse hete punten en nulleiding.

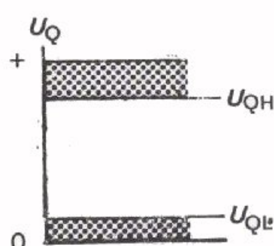
Op de volgende bladen gaan we achtereenvolgens op deze punten in.

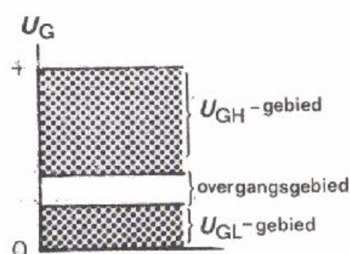
DE GELIJKSPANNINGSDREMPELS.



Als men b.v. twee achter elkaar geschakelde NAND's heeft, is de uitgangsspanning U_Q van de een tegelijkertijd de ingangsspanning U_G van de ander.

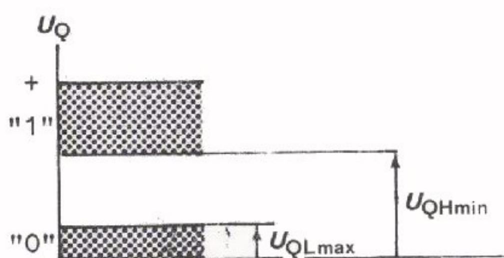
Een lage uitgangsspanning (die "0" moet betekenen) geven we aan met U_{QL}.
Een hoge uitgangsspanning (die "1" moet betekenen) met U_{QH}.
Een lage ingangsspanning (die "0" moet betekenen) geven we aan met U_{GL}.
Een hoge ingangsspanning (die "1" moet betekenen) met U_{GH}.





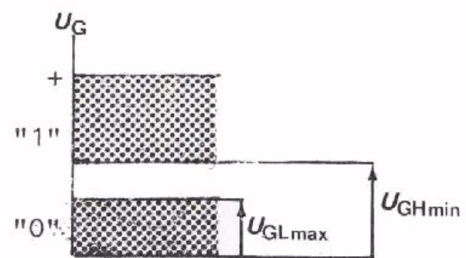
In het U_{GL}-gebied is de NAND-transistor afgeknepen, in het U_{GH}-gebied is de transistor in verzadiging. In het tussenliggende overgangsgebied trekt de transistor stroom zonder daarbij in verzadiging te zijn.

De waarden van U_{QL} en U_{QH} van eenzelfde functie-type zijn niet altijd even groot. Er is een zekere *spreiding* in hun waarden. Mogelijk voorkomende waarden liggen in gebieden, die hiernaast gearceerd zijn weergegeven. Voor elk functie-type geeft de fabrikant een U_{QLmax} en een U_{QHmin} op.



- Moet de functie een "0" afgeven, dan is U_{QL} nooit groter dan U_{QLmax}.
- Moet de functie een "1" afgeven, dan is U_{QH} nooit kleiner dan U_{QHmin}.

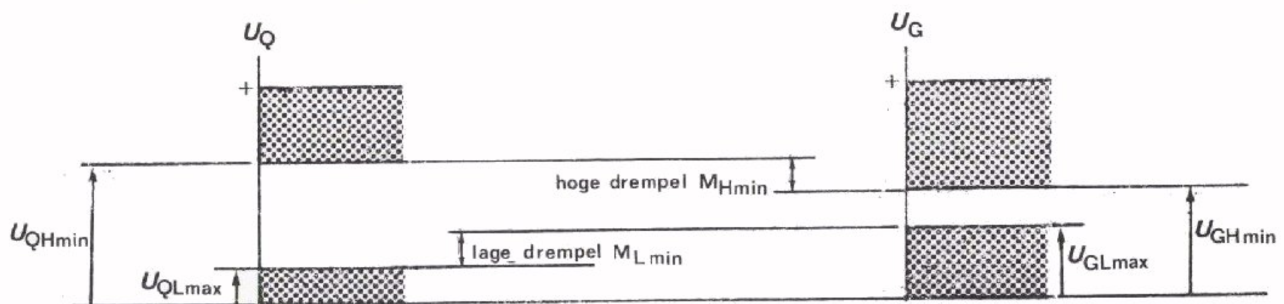
Ook het overgangsgebied tussen U_{GL} en U_{GH} van een functie-type ligt niet altijd bij dezelfde spanningen. Er treedt weer enige *spreiding* op. Tussen de hiernaast gearceerde gebieden ligt dit overgangsgebied.



Voor elk functie-type geeft de fabrikant een U_{GLmax} en een U_{GHmin} op:

- $U_{GL} = U_{GLmax}$ is de grootste spanning die voor de functie gegarandeerd een "0" aan de ingang betekent.
- $U_{GH} = U_{GHmin}$ is de kleinste spanning die voor de functie gegarandeerd een "1" aan de ingang betekent.

Hieronder zijn de spreidingsgebieden van U_Q en U_G overzichtelijk weergegeven in één figuur.

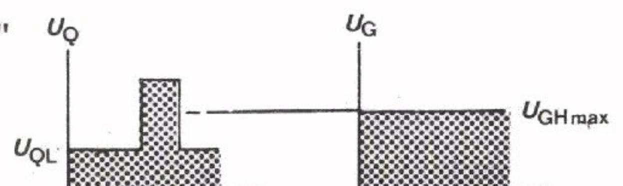


De gearceerde spanningsgebieden geven de spreidingen weer van U_{QH}, U_{QL}, U_{GH} en U_{GL}. En het "overgangsgebied" tussen U_{GH} en U_{GL}.

Als een "0" doorgegeven moet worden is in het *ongunstigste geval* $U_{GL} = U_{GLmax}$ en $U_{QL} = U_{QLmax}$. Het verschil tussen U_{GL} en U_{QL} is dan minimaal en gelijk aan de zogenaamde *lage gelijkspanningsdrempel*-M_{Lmin}.

$$M_{Lmin} = U_{GLmax} - U_{QLmax}$$

De letter M is de eerste letter van het woord "marge" dat hier "verschil" tussen bedragen betekent. Men moet ervoor zorgen dat positieve stoorimpulsen nooit groter zijn dan $U_{GLmax} - U_{QLmax}$.

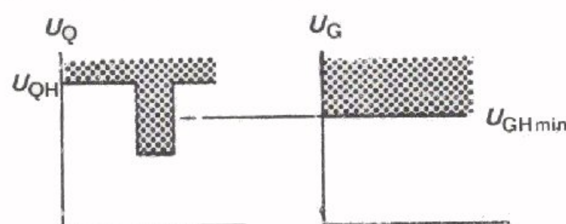


Het kan voorkomen dat U_{QL} tijdelijk vergroot wordt door een positieve stoorimpuls. Als de totale spanning daardoor even boven U_{GLmax} uitkomt, dan kan ten onrechte even een "1" in plaats van de vereiste "0" doorgegeven worden.

Als een "1" doorgegeven moet worden is in het *ongunstigste geval* $U_{QH} = U_{QHmin}$ en $U_{GH} = U_{GHmin}$. Het verschil tussen U_{QH} en U_{GH} is dan minimaal en gelijk aan de zogenaamde *hoge gelijkspanningsdrempel*-M_{Hmin}.

$$M_{Hmin} = U_{QHmin} - U_{GHmin}$$

Men moet ervoor zorgen dat negatieve stoorimpulsen nooit groter zijn dan $U_{QHmin} - U_{GHmin}$.
Het kan voorkomen dat U_{QH} tijdelijk verlaagd wordt door een negatieve stoorimpuls.



Als de totale spanning daardoor even beneden U_{GHmin} uitkomt, dan kan ten onrechte even in plaats van een "1" een "0" doorgegeven worden.

OPMERKINGEN:

Wordt een positieve stoorimpuls niet groter dan M_{Lmin}, dan heeft hij zeker geen storing tot gevolg.

Wordt een negatieve stoorimpuls niet groter dan M_{Hmin}, dan heeft hij zeker geen storing tot gevolg.

We hebben het steeds over de *minimale* drempelwaarden gehad die in de ongunstigste gevallen optreden. Praktisch zullen deze ongunstigste gevallen zelden optreden, meestal heeft men het hogere M-waarden te doen. Daarom geeft men naast de minimale M-waarden ook de *gemiddeld* het meest voorkomende M-waarden op. Men noemt deze de "typische" M-waarden. M_{Ltyp} en M_{Htyp}. Overigens geeft men niet alleen bij M_L en M_H de typische waarden op.
Ook voor andere aan spreiding onderhevige grootheden geeft men de "gemiddeld het meest voorkomende" of "typische" waarde op. Zo b.v. voor de h_{fe} van een transistor, de S van een buis, enz.

OEFENING

Van een T T L - NAND is gegeven:

$U_{QH(min)}$ = 3 V	$U_{QH(typ)}$ = 4 V	$U_{QL(max)}$ = 0,5V	$U_{QL(typ)}$ = 0,25V
$U_{GH(min)}$ = 2,2V	$U_{GH(typ)}$ = 1,9V	$U_{GL(max)}$ = 0,7V	$U_{GL(typ)}$ = 0,6V

0,2

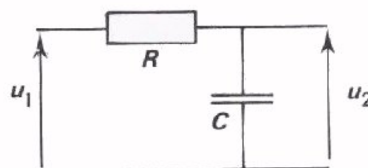
Hoe groot mag een stoorimpuls maximaal zijn als deze nooit een verkeerde waardering van het niveau mag veroorzaken? Antwoord U_t =

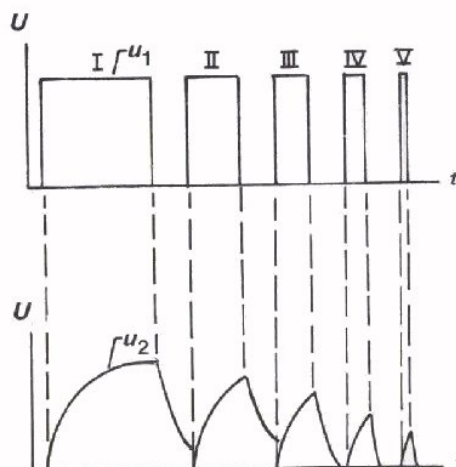
Hoe groot is $M_{H(min)}$? Antwoord

Hoe groot is $M_{L(typ)}$? Antwoord

DE SNELHEID VAN FUNCTIES EN SCHAKELINGEN.

Storingen in een digitaal systeem worden vaak veroorzaakt door impulsspanningen. Bij de bespreking van de gelijkspanningsdrempels is uitsluitend de *grootte* van de storende impulsspanning ter sprake gekomen. De *duur* van de impuls is echter ook van belang. Dit lichten we toe aan de hand van een *RC*-schakeling, een schakeling die men in systemen vaak aantreft. De *C* is bijv. een parasitaire capaciteit.





Worden aan de *RC*-schakeling de geschetste u_1-impulsen toegevoerd, dan worden de geschetste u_2-impulsen doorgegeven. Hoe korter de u_1-impulsen zijn, des te minder tijd is er om de *C* te laden en des te kleiner u_2-impulsen doorgegeven worden.

De gegeven *RC*-schakeling geeft langdurende impulsen goed door. Impulsen die korter duren dan het product *RC* worden echter lang zo goed niet meer doorgegeven. Impulsen die veel korter dan *RC* duren worden nagenoeg helemaal niet meer doorgegeven.

In feite is de *vertragende* werking van de *RC*-schakeling de oorzaak van het niet goed doorgeven van een impuls. Het kost namelijk tijd om *C* te laden. Men kan in het algemeen voor schakelingen en voor functies stellen: De vertragende

werking van schakelingen of functies maakt dat toegevoerde impulsen minder goed worden doorgegeven. Is de impulsduur korter dan de vertragingstijd, dan worden de impulsen helemaal niet goed meer doorgegeven.

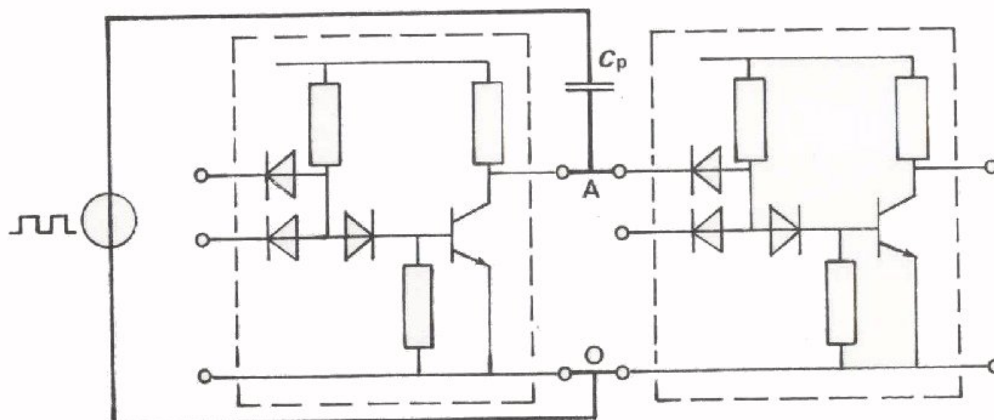
We komen nu terug op de stoorimpulsen. Van deze impulsen is het eigenlijk juist gewenst dat ze *niet* goed, of liefst helemaal niet, worden doorgegeven. Elk systeem is samengesteld uit schakelingen en functies die elk enige vertraging veroorzaken. Hierdoor zullen zeer kort - durende stoorimpulsen vrijwel geen storing veroorzaken, langdurende stoorimpulsen echter wel. In hoeverre korte stoorimpulsen van invloed zijn hangt dus af van de vertragende werking van de functies.
Hoe sneller de functies van een systeem zijn, des te gevoeliger het systeem is voor kort durende stoorimpulsen. Omgekeerd: hoe trager de functies van het systeem zijn, des te minder invloed hebben kortdurende stoorimpulsen.

OEFENING

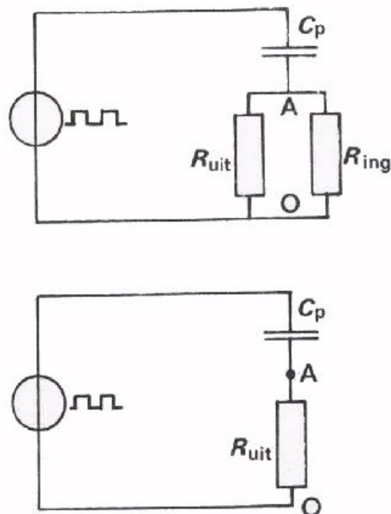
Hoe sneller een computer moet werken, des te **beter/ minder** men ervoor moet zorgen dat kortstondige stoorimpulsen niet op kunnen treden. Het optreden van langdurende stoorimpulsen **moet / behoeft** dan **ook / niet** zoveel mogelijk vermeden worden.

DE WEERSTAND TUSSEN "HETE PUNTEN" EN NULLEIDINGEN.

Vaak komen stoorimpulsen capacitief binnen. Men kan dit schematisch weergeven door een stoorimpuls-EMK, waarvan een deel via een parasitaire capaciteit C_p in het systeem terecht komt.



Als voorbeeld kiezen we de serieschakeling van twee DTL-NAND's. Via de parasitaire capaciteit C_p komt een deel van een stoorimpuls tussen "heet" punt A en de nulleiding terecht ("heet" wil zeggen dat dit punt spanning voert en niet aan aarde of nul ligt). Hoe groot die stoorimpuls is hangt af van de grootte van C_p en van de weerstand tussen A en O.



Tussen A en O bevindt zich de parallelschakeling van de uitgangsweerstand. R_{uit} van de 1e NAND en de ingangsweerstand R_{ing} van de 2e NAND. Over het algemeen is R_{ing} véél groter dan R_{uit}, zodat R_{ing} te verwaarlozen is.

We hebben dus nevenstaande schakeling. Hoe kleiner R_{uit} is, des te kleiner is de stoorimpuls op het "hete" punt A.

Uit het bovenstaande volgt dat voor de mogelijkheid van het ontstaan van stoorspanningen in een systeem de *grootte van de uitgangsweerstanden* voor de diverse functies van belang is. Hoe kleiner de R_{uit}'s zijn, des te minder kans op het ontstaan van grote stoorspanningen.

OPMERKING:

Reeds eerder in de cursus zijn we een geval tegengekomen dat over een grote weerstand al gauw een grote ongewenste spanning kan ontstaan. Dit was bij de bespreking van de MOST met zijn buitengewoon hoge R_{ing}. Reeds een zeer kleine ongewenste stroom kan over deze R_{ing} een veel te hoge spanning doen ontstaan, waardoor de MOST kapot gaat. Vandaar het kortsluitringetje, dat tijdens de montage over zijn ingang moet blijven zitten.

STORINGSONDERDRUKKING DIRECT BIJ DE BRON.

Soms blijken storingen nog op te treden ondanks alle mogelijke voorzorgsmaatregelen. In zo'n geval is het nodig om de stoorbron zelf op te sporen. Bij de stoorbron kunnen dan nog enkele maatregelen getroffen worden.
We geven een lijst met mogelijk stoorbronnen en de te nemen maatregelen.

Stoorimpuls: oorzaak	Stoorimpuls: te nemen maatregelen.
Onderbreken van de *gelijkstroom* door een inductieve belasting Oplossing met diode wordt het meest toegepast. Oplossing met VDR gaat alleen bij kleine vermogens. Indien via een lange leiding stroom aan een ohmse belasting wordt toegevoerd, kan de zelfinductie van de leiding ontstoringsmaatregelen nodig maken. Dan *RC*-filter over schakelaar aanbrengen.	C R C R -U -U
Onderbreken van de *wisselstroom* door een inductieve belasting. Oplossing met *RC*-filter wordt het meest toegepast.	*niet* met diode: C R C R -U -U
gelijkstroom inschakelen met thyristor (of triac)	L
wisselstroom inschakelen met triac(of thyristor)	L
Soms is aarding of afscherming van de stoorbron de enige oplossing.	

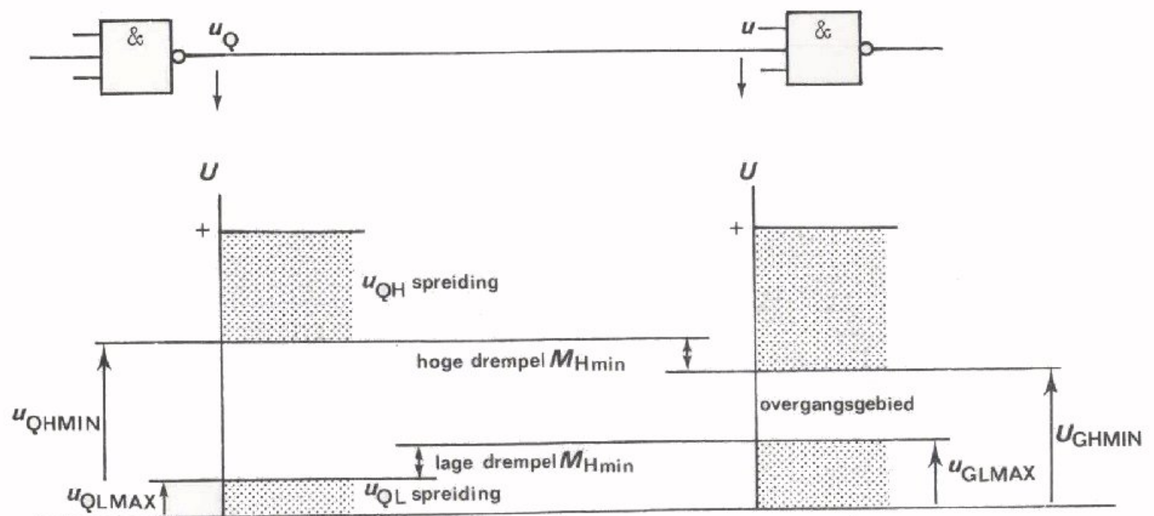
SAMENVATTING

- Storingsoorzaken en de te nemen maatregelen:

storingen			te nemen maatregelen
storingen van buiten	draadloze	capacitieve inductieve	goed geaarde metalen kast
	via bedrading komend	via netleiding via schakeldraden via opnemerdraden via weergever-draden	- geaarde afscherming - storing onderdrukkende filters - geaarde afscherming tussen wikkelingen van voedingstrafo
storingen van binnen	ongewenste vertragingen		toepassing klokimpulsen
	overspraak tussen leidingen		- korte bedrading - signaaldraden niet dicht bij elkaar parallel - signaaldraden niet dicht bij leidingen met grote wisselspanningen of stromen - draden niet onnodig bundelen - heen- en terug-leidingen twisten - diverse systeemdelen apart houden - ingangsfilters dicht bij de kastwand
	verkeerde aardleidingen verkeerde nulleidingen		- centraal aardpunt (c.e.p.) toepassen - gemeenschappelijke stukken voedings-, aard- en nulleidingen vermijden.

- Voor de storingsgevoeligheid is van belang:
  - De lage- en de hoge gelijkspanningsdrempel. De drempels zijn bepalend voor de maximaal toelaatbare stoorspanningen.
  - De snelheid van functies en schakelingen. Deze is bepalend voor het al of niet reageren op stoorimpulsen van korte duur.
  - De uitgangsweerstanden van de functies. Deze zijn mede bepalend voor het gemak waarmee een stoorspanning in een systeem kan ontstaan.

De lage- en hoge gelijkspanningsdrempel.



Om zelfs in het *ongunstigste geval* geen storing te veroorzaken mogen:

- positieve stoorimpulsen niet groter zijn dan de minimale lage spanningsdrempel $M_{Lmin} = u_{GLMAX} - u_{QLMAX}$
- negatieve stoorimpulsen niet groter zijn dan de minimale hoge spanningsdrempel $M_{Hmin} = u_{QHMIN} - u_{GHMIN}$

Gemiddeld mogen de stoorimpulsen niet groter zijn dan M_{Ltyp}, respectievelijk M_{Htyp}.
Hoe *sneller* een functie of schakeling is, des te smallere impulsen hij nog doorlaat, des te gevoeliger hij voor kortdurende stoorimpulsen is.

De grootte van de weerstand tussen een "heet" punt en een nulleiding wordt bepaald door de *uitgangsweerstand* van de voorafgaande functie.
De ingangsweerstand van de volgende functie is praktisch namelijk veel groter en daarom te verwaarlozen. Hoe kleiner R_{uit}, des te minder gemakkelijk er een stoorspanning kan ontstaan.

Voorbeelden van storingsonderdrukking bij de storingsbron zelf:

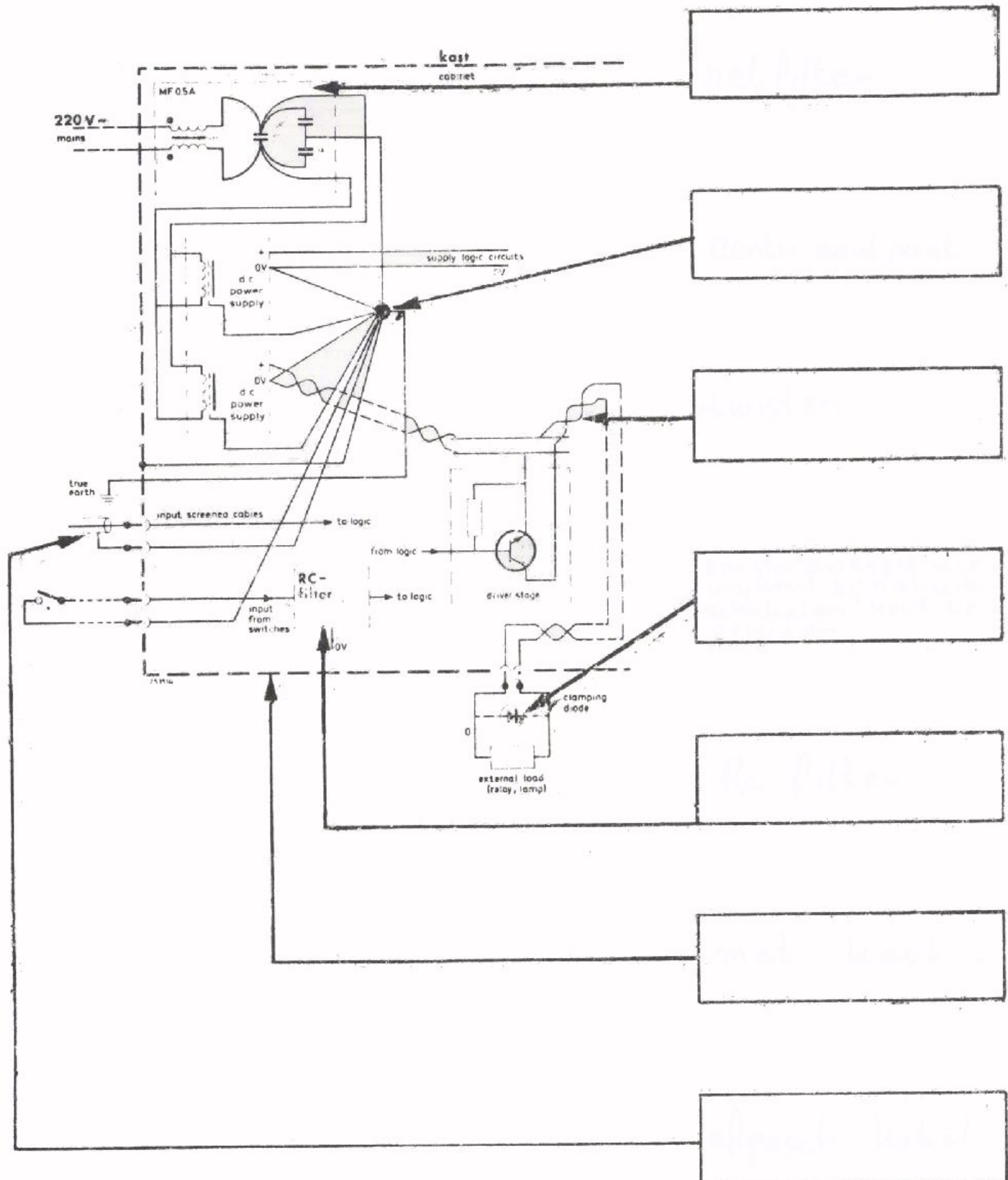
- in geval van onderbreken van *gelijk*stroom door inductieve belasting: diode over zelfinductie, *RC*-filter over zelfinductie of over schakelaar, VDR over zelfinductie of over schakelaar.
- in geval van onderbreken van *wissel*stroom door inductieve belasting: *RC*-filter over zelfinductie of over schakelaar, VDR over zelfinductie of over schakelaar.
- in geval van *gelijk*- hetzij *wissel*stroom inschakelen met thyristor of triac: *RC*-filter over schakelende halfgeleider, smoorpoel in serie met schakelende halfgeleider.
- in alle gevallen: aarding of afscherming van de stoorbron zelf.

NAAM:

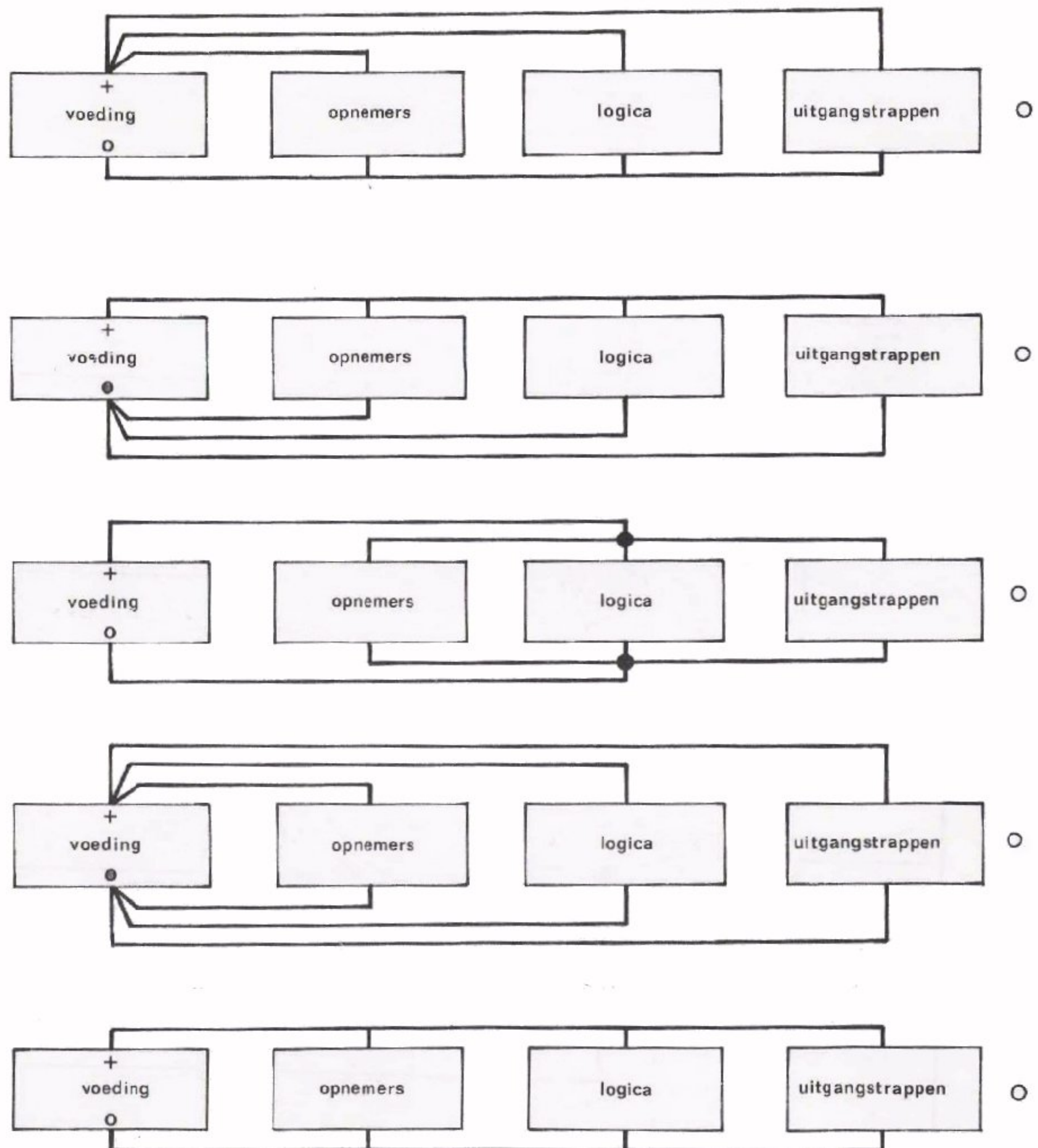
KLAS:

OEFENINGEN:

1. Noem naast het schema de storingsonderdrukkende maatregelen die op diverse punten genomen zijn.



2. Hieronder zijn de voedingsdraden in een systeem op verschillende manieren aangesloten.



Maak de O zwart achter het schema(resp. achter de schema's) waarvan de bedrading goed is.

3. Vertel met eigen woorden wat U onder de lage gelijkspanningsdrempel verstaat.

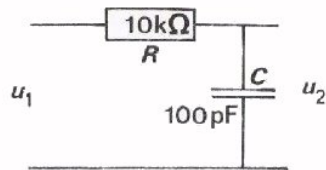
En ook wat U onder de hoge gelijkspanningsdrempel verstaat.

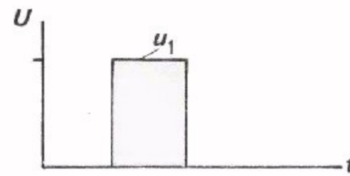
4. Waarom zijn relais en signaallampen ongevoelig voor stoorimpulsen ?

5. Wat kan men doen om binnenkomen van storing via het netsnoer te voorkomen ?

6. Een digitaal systeem is opgesloten in een metalen kast. Wat moet men doen om inkomende en uitgaande ongefilterde draden ?

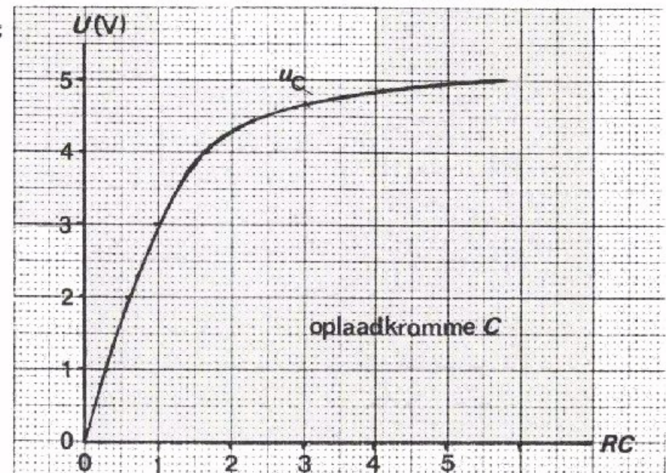
7. Aan de *RC*-schakeling worden impulsen toegevoerd van de gegeven vorm.

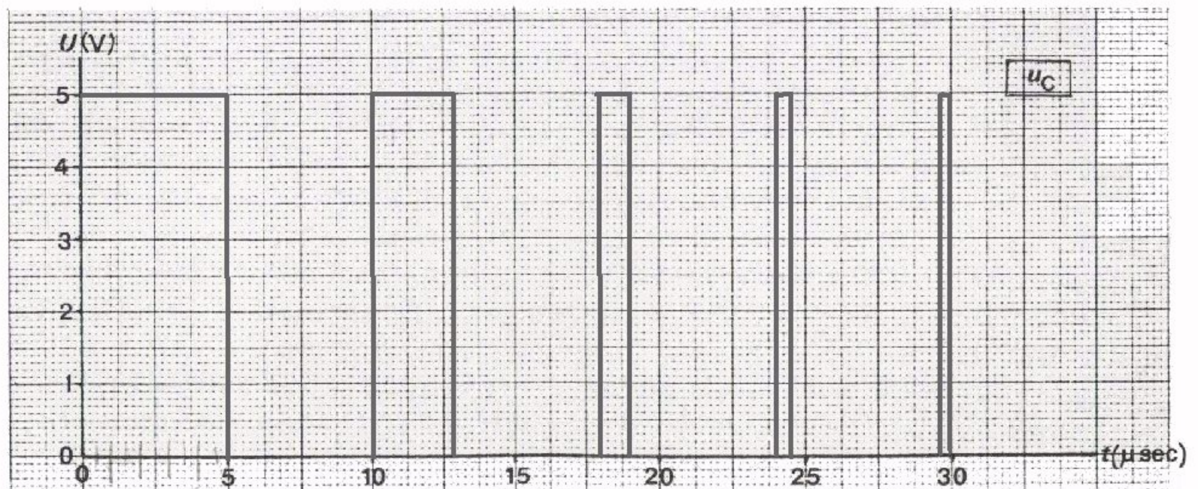


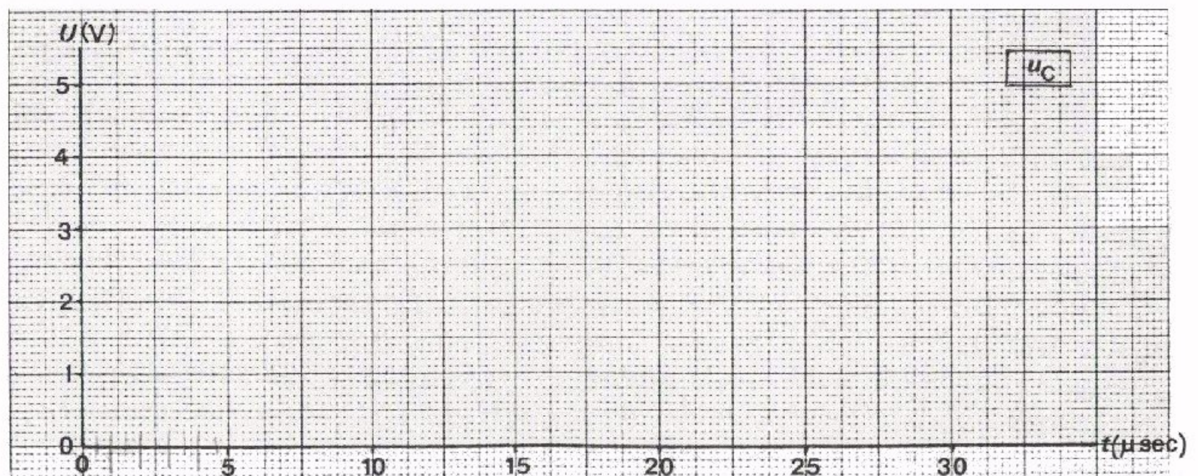


Schets achtereenvolgens de impulsen die ontstaan over de condensator *C* als de impulsduur van u_1 is:

a: 5 µs
b: 3 µs
c: 1 µs
d: 0,5 µs
e: 0,25µs







D 32

MONTAGE EN SYSTEMATISCH BEDRADEN IN DIGITALE SYSTEMEN

INLEIDING

In les B127 zijn een aantal zaken aan de orde gesteld, die belangrijk zijn bij het maken van verbindingen. De volgende onderwerpen zijn besproken:

- *De geleider.*
  Deze kan zijn:
  - van massief koperdraad,
  - soepele streng, bestaande uit meerdere dunne koperdraden,
  - printspoor,
  - geïsoleerde draad,
  - éénaderig snoer, zonder of met afscherming,
  - coaxiale kabel; lint-kabel.

- *De bevestigingsmethode.*
  Verbinden kan men tot stand brengen door:
  - solderen met bout,
  - dompelen in een soldeerbad,
  - schroefverbindingen,
  - AMP-verbindingen met kabelschoenen of klemmen,
  - draadwikkelverbindingen ("wire-wrap").

- *De wijze waarop geleiders gelegd worden.*
  In een elektronische schakeling kan men de geleiders die componenten of delen van de schakeling onderling verbinden, niet willekeurig aanbrengen. Men moet het zo doen dat de goede werking van de schakeling niet verstoord wordt.

In deze les gaan we nader in op enkele onderwerpen, die in het bijzonder bij montage van digitale systemen van belang zijn.
We bespreken:

- De fabricage van printplaten, met voor- en nadelen van enkelzijdige-, dubbelzijdige- en zogenaamde multi-layer (spreek uit "multi leejer")-prints. De laatste zijn printplaten met meerdere lagen print-sporen over elkaar.

- De montage van onderdelen op printplaten. Hiervan bespreken we de gemechaniseerde methode zowel als de montage met de hand.

- De montage van grote digitale systemen waarbij gebruik wordt gemaakt van vele printplaten die in rekken bijeen gebracht worden. Hierbij komt uitvoerig ter sprake hoe een gesystematiseerde aanpak van de montage het maken van fouten voorkomt.

AANBRENGEN VAN PRINTSPOREN

Printplaten of, wat mooier gezegd, kunststofplaten die zijn voorzien van gedrukte bedrading, worden gemaakt van pertinax, van epoxyglasvezel of van andere kunststoffen.

- *Pertinax* of *hardpapier* is een bruin of zwart materiaal, bestaande uit papier en kunsthars. Afhankelijk van de soort kunsthars kan het bruine materiaal licht- of donkerbruin zijn.
- *Epoxyglasvezel* is een lichtgroen enigszins doorschijnend materiaal, bestaande uit epoxy-hars (ook een kunsthars) en glasvezel.

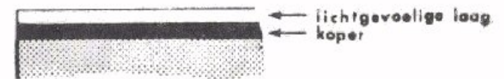
Pertinax printplaten worden nog gebruikt in radio- en TV-toestellen, pick-up versterkers, bandrecorders en dergelijke. In alle andere toepassingen worden vrijwel uitsluitend epoxyglasvezel-platen gebruikt.
Glasvezelplaten, ook wel glas*fiber*-platen genoemd, zijn sterker, isoleren beter, zijn beter temperatuur-bestendig, moeilijker te verwerken in verband met zagen en boren, maar zijn ook duurder.

Bij de fabricage van platen met gedrukte bedrading gaat men als volgt te werk:

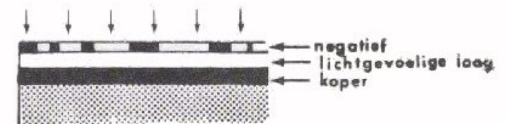
- Men neemt een plaat (glasfiber of pertinax) die aan een of twee kanten van een dun laagje koper is voorzien.



- De plaat wordt vetvrij gemaakt en men brengt een lichtgevoelige laag aan op het koper. Dit gebeurt in een ruimte met natriumlicht. De lichtgevoelige laag is voor dit licht ongevoelig.



- Via een foto-negatief van het gewenste sporenpatroon wordt de plaat belicht met speciale kwiklampen.



- De plaat wordt nu als een belicht fotopapier verder bewerkt. Dat wil zeggen: ze wordt ontwikkeld en gefixeerd.

- Door het fixeren wordt het niet-belichte deel van de lichtgevoelige laag verwijderd. De toestand is daarna zoals hiernaast geschetst. Op de plaat ligt een laag koper waarop de lichtgevoelige laag plaatselijk nog aanwezig is.



- Met een zuur wordt vervolgens het niet-afgedekte koper weggeëtst.



- Tenslotte wordt de foto-gevoelige laag verwijderd, zodat de plaat met printsporen overblijft.



Bij het vervaardigen van grote aantallen printplaten worden ook wel andere methoden gebruikt.
In principe verschillen deze evenwel niet.

SOORTEN PRINTPLATEN

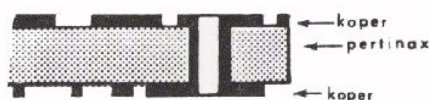
Er zijn verschillende soorten printplaten.



Het eenvoudigst te produceren en dus de goedkoopste is de gewone enkelzijdige bedrukte plaat.



Om een betere soldeerverbinding te krijgen brengt men meestal na het boren chemisch een metalen laagje aan in de gaten. De gaten zijn dan *doorgemetalliseerd.*



Dubbelzijdig bedrukte platen bieden de mogelijkheid van kruisende bedrading. Zij zijn moeilijker te maken omdat de sporen in de buurt van de gaten zeer precies tegenover elkaar moeten liggen.

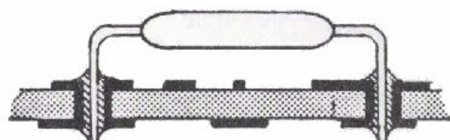
Men past hier altijd doormetallisering van de gaten toe.
Er behoeft bij doormetallisering slechts aan één kant gesoldeerd te worden (daar waar de componenten niet zitten).

Tot slot noemen we de zogenaamde *multi layer print* of *meerlaagsprint.*
Hierbij perst men twee- of meer tweezijdig bedrukte printplaten onder temperatuursverhoging tot één geheel.
Men brengt daarbij vooraf tussen elk stel printplaten isolatieplaten aan.
In de multilayer-plaat worden vervolgens de gaten geboord.
Deze worden daarna doorgemetalliseerd.
Het voordeel van de meerlaagsprint is de mogelijkheid om meerdere kruisende verbindingen te maken.
De meerlaagsprint is echter veel duurder dan dubbelzijdig bedrukte printplaten.

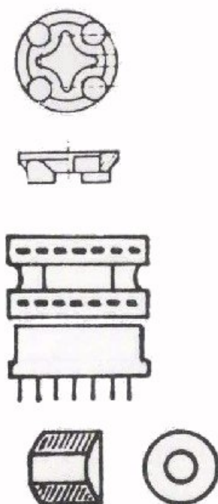
ONDERDELEN OP PRINTPLATEN

Zware componenten, zoals transformators of grote elco's, worden eventueel met beugels op printplaten bevestigd.

Vermogenstransistors en grote dioden worden slechts met koelvinnen op printplaten gemonteerd.



Het verdient aanbeveling de componenten niet vlak tegen de printplaat aan te monteren. Dan ontstaan namelijk moeilijk te reinigen plaatsen voor het solderen.
Bij het ombuigen van de draadeinden moet gezorgd worden dat de verbinding met de component niet beschadigd wordt Niet te kort ombuigen en component ontlasten tijdens het buigen.



Voor de montage van transistors wordt vaak gebruik gemaakt van transistorvoetjes of van afstandstukjes. Dit zijn onderdelen van plastic of nylon die ervoor zorgen dat bij het solderen de componenten zó ver van de soldeerplaats blijven, dat geen oververhitting optreedt.
Ze zorgen bij dubbelzijdige print dat het transistorhuis geen sluiting tussen printsporen kan veroorzaken Transistorvoetjes maken het mogelijk transistors gemakkelijk te verwisselen.

Voor de montage van IC's wordt wel gebruik gemaakt van zogenaamde IC-voetjes. Op het paneel dat u regelmatig gebruikt vindt u hiervan een voorbeeld.
IC's worden ook wel direct op de printplaat gemonteerd. zonder voetjes, als de uitwisselbaarheid niet nodig is. Warm wordende weerstanden worden wel met behulp van porseleinen afstandsstukjes (zogenaamde viskralen) gemonteerd. Dit om te heet worden van de printplaat te voorkomen.

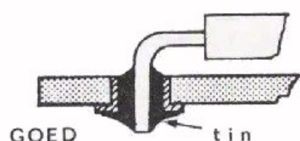
Een op afstand gemonteerde component moet bij vervanging weer op dezelfde afstand gemonteerd worden.

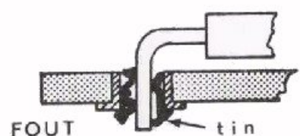
SOLDEERMETHODEN

Voor het *solderen met de hand* gebruikt men een elektrisch verhitte soldeerbout. Men heeft bouten voor hoge spanning en voor lage spanning (beneden 42 V). Laagspanningsbouten hebben volgende voordelen:

- Ze zijn veiliger: stoorspanningspieken uit het net die capacitief op de soldeerpunt terecht komen, zijn "omlaag getransformeerd".
- Ze zijn eenvoudig geschikt te maken voor zwaarder en lichter werk door de transformator van verschillende aftakkingen te voorzien. (6 V - 7 V - 8 V - 9 V bijvoorbeeld).
- Betere warmte-overdracht van verwarmingselement naar soldeerstift, omdat er weinig isolatie nodig is.
- Geschikter voor continu gebruik, omdat de weerstanddraad van het element dikker is. Men kan de bout de hele dag aan laten staan.

Bij het solderen is van belang:





- Dat de verbinding elektrisch en mechanisch goed is.
- Het soldeertin mag geen harsresten vertonen; tin met hars erin wijst erop dat de soldeertemperatuur te laag is geweest. Wel mag er hars om de soldeerplaatsen heen aanwezig zijn.
- Soldeertin moet aan beide kanten tegen de delen zijn "opgekropen" en de omtrekken van de delen moeten nog goed te zien zijn.
- Het soldeertin moet er glimmend glad uitzien, zonder slakken, kraters, scheurtjes, enz.

Het "met de hand" solderen van printplaten raakt buiten gebruik. Voor het maken van de elektrische verbinding tussen component en printplaat wordt dompelsolderen en golfbadsolderen toegepast.
We geven op elk van deze methoden een toelichting.
Eerst gaan we in op maatregelen die genomen moeten worden voordat er gesoldeerd kan worden.

Het "vloeien" van soldeertin is alleen goed mogelijk als het te solderen koper schoon is, dat wil zeggen als er geen oxydelaagje op zit. Hiertoe moet men op het zuiver koper een zogenaamd *vloeimiddel* (flux) aanbrengen. Het vloeimiddel dient om:

- Het koper voor oxydatie te beschermen.
- Zodra het vloeibare soldeer erbij komt, plaats te maken voor dit soldeer en verontreinigingen weg te nemen.

  Het vloeimiddel moet bestand zijn tegen de hoge temperatuur waarbij gesoldeert wordt, zonder te verbranden.

De aansluitdraden van de componenten worden door de print heen gestoken. De componenten worden vervolgens aangedrukt met bijvoorbeeld een stuk schuimplastic. De uitstekende einden worden "met de hand" of machinaal afgeknipt. Machinaal afknippen noemt men wel *schoffelen*, omdat het gelijkenis vertoont met het schoffelen van onkruid in de tuin.

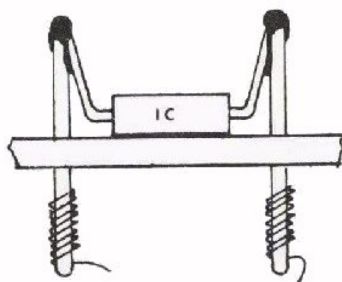
Dompelsolderen gebeurt als volgt:
De printplaat wordt met de onderzijde even tegen de oppervlakte van een hoeveelheid vloeibaar tin aangedrukt. Dit tin wordt in een bad op temperatuur gehouden. De bewerking kan machinaal gebeuren of "met de hand". In dit laatste geval is wel enige ervaring nodig omdat te kort solderen goede soldeerpunten onmogelijk maakt en te lang solderen de print te sterk verhit. Men moet ook leren de plaat onder de juiste hoek uit het tin te halen.
Bij het dompelsolderen moet het laagje tinoxyde dat zich op het tinoppervlak bevindt even verwijderd worden met behulp van een oxydeschuif, een soort "ruitenwisser".



Bij het *golfsolderen* wordt eveneens het soldeertin in een bad op temperatuur gehouden. Het vloeibare tin wordt echter rondgepompt en daarbij over een verhoging gestuwd. Hierdoor ontstaat een golf van vloeibaar soldeer. Het grote voordeel hiervan is dat op de top van de golf nooit tinoxyde aanwezig is.
De te solderen kant van de printplaat wordt langs de top van de golf gestreken. Vooraf wordt een fluxlaag aangebracht.
Als het vloeimiddel aggressief is, dient het na het solderen van de printplaat verwijderd te worden. Men kan na het solderen de plaat van een beschermende laklaag voorzien. Deze laklaag werkt niet meer als vloeimiddel, zodat bij reparatie de laklaag moet worden verwijderd voordat lossolderen mogelijk is!

DEAD BUG" - MONTAGE

"*Dead bug*" (spreek uit: det buk) betekent "dood insect". Deze montagemethode dankt zijn naam aan het feit dat de componenten "als een dood insect met de pootjes omhoog" op de plaat gemonteerd worden.



Bij de montage van IC's wordt de benaming duidelijk. De component wordt als het ware tussen een aantal pennen opgehangen. De soldeerpunten liggen dan niet meer op de plaat, maar aan het einde van de pennen. Dit schept de mogelijkheid om alle soldeerverbindingen van de componentenzijde in één keer aan te brengen met dompel- of golfsolderen.

Bij de dead bug-methode gebruikt men epoxyglasvezel, waarin de aansluitpennen met grote kracht worden geschoten.

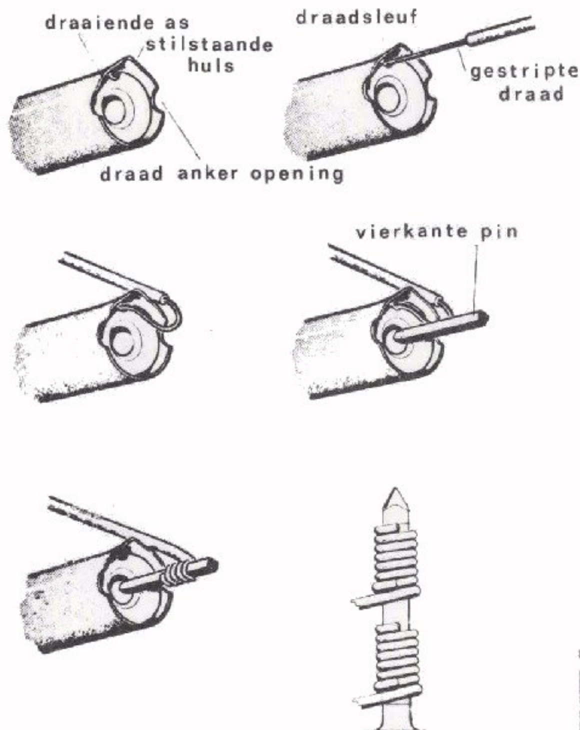
Bij deze methode kan men, zoals beschreven, de componenten aan een zijde van de glasvezelplaat vastsolderen. De bedrading brengt men aan de andere kant van de plaat aan door middel van wire wrap-verbindingen. Men past dan géén printsporen toe.

Past men wel printsporen toe, dan soldeert men de wire wrap-pennen aan de printsporen vast. Eerst schuift men dan over de pennen soldeer in de vorm van ringetjes. Vervolgens brengt men de ringetjes in vloeibare toestand met behulp van *hete lucht*.

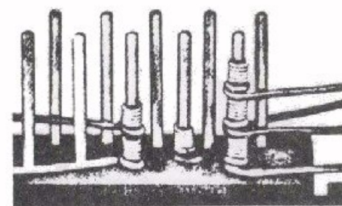
Voordelen van deze methode zijn:

- snel en nauwkeurig solderen,
- zuinig solderen,
- het soldeer kruipt niet op tegen de wire wrap-pennen.

De *wire wrap*-verbinding waar hier sprake van is, is een klemverbinding die gemaakt wordt met speciaal voor dit doel vervaardigd montagedraad.



De verbinding is alléén aan te brengen met een daartoe dienend draadwikkelpistool.
Het draadeinde wordt over een voorgeschreven lengte isolatievrij gemaakt. Vervolgens wordt de draad met behulp van het wire wrap-pistool zeer vast om de hoekige pen gedraaid. Op de hoeken vloeien daarbij de draad en de pen ineen.





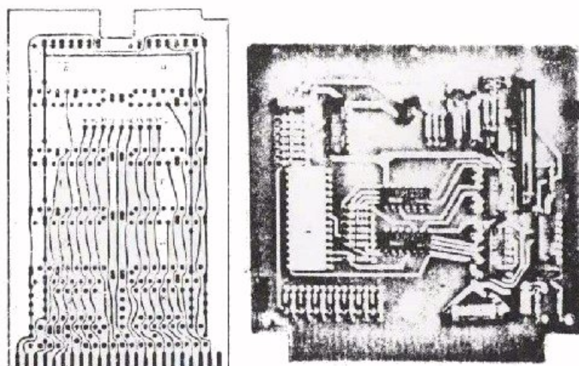
A. Aanzicht wire-wrap verbindingen
B. Doorsnede van een wire-wrap verbinding

REKMONTAGE VAN PRINTPLATEN

Een digitaal informatieverwerkend systeem is al gauw vrij uitgebreid. Te uitgebreid om in zijn geheel op één printplaat te kunnen onderbrengen. Er zijn diverse systemen om de benodigde printplaten onder te brengen. Een daarvan wordt hier beschreven.

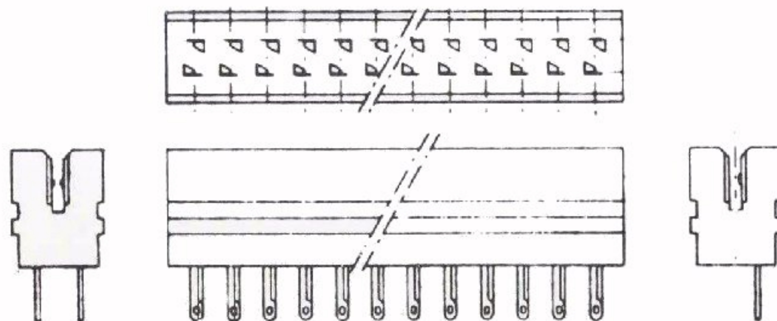
Bij de opbouw van het systeem is het gebruikelijk om vele printplaten (ook wel bedradingskaarten of modullen genoemd) naast elkaar onder te brengen in een *lade*.
Een aantal laden kan ondergebracht worden in een *rek* of *ruif*.

Om toch enige service aan het systeem te kunnen verrichten is het nodig dat de platen uitneembaar zijn. Men heeft dan ook op de printplaten speciale contacten aangebracht, zodat de printplaten in zogenaamde connectors kunnen worden aangebracht.

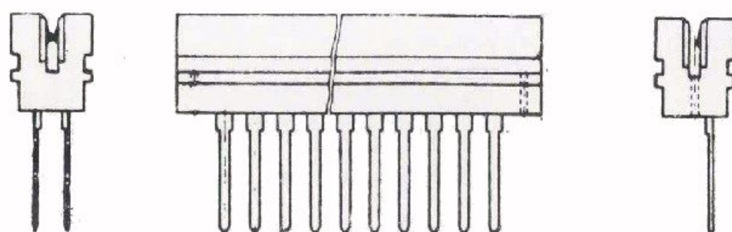


Alle verbindingen van en naar de schakeling lopen naar één rechthoekzijde van de plaat. Aan die kant bevinden zich speciale contacten die contact maken als de plaat in een connector gestoken wordt.
De verbindingen tussen de platen onderling lopen dus allemaal via de connectors. De bedrading van het systeem kan dan ook worden aangebracht zonder dat de printplaat aanwezig is.

De bedrading tussen de connectors wordt aangebracht door "met de hand" te solderen, of door wire wrap-verbindingen.

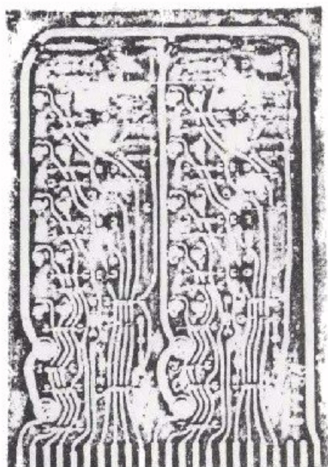


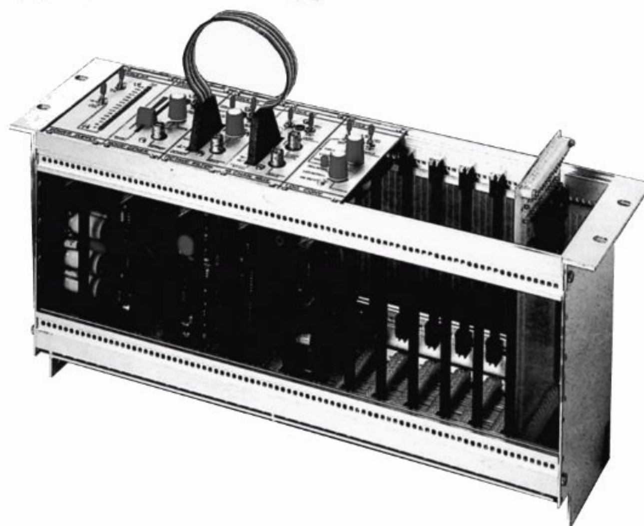
Voorbeeld van een connector met soldeerlippen, voor printplaten met dubbelzijdig of enkelzijdig aangebrachte contacten.



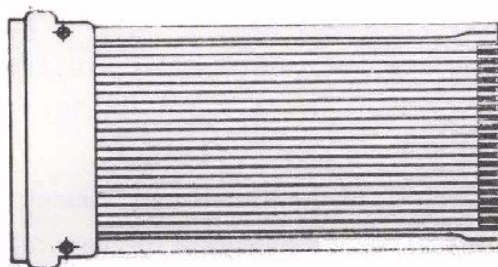
Voorbeeld van een connector met wire wrap-pennen.

Hier volgt een tekening van een lade waarin printplaten worden gemonteerd. In een rek kunnen b.v. acht van deze laden worden opgesteld.

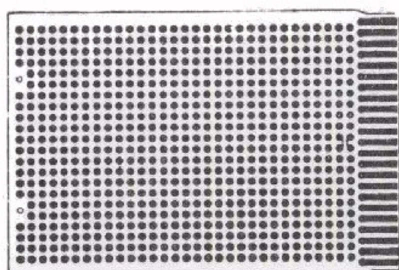


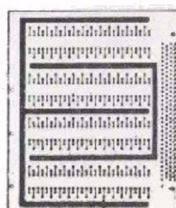


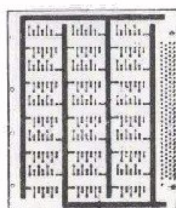
Het controleren van de goede werking van een printplaat wordt vaak gedaan door de plaat via een zogenaamde verlengplaat in de connector te plaatsen.
Zo'n verlengkaart heeft aan een kant een connector en kan met de andere kant zelf in een connector gestoken worden.
De sporen op een verlengkaart zijn rechte lijnen.



Voor het bouwen van experimenteerschakelingen, of voor het maken van schakelingen in een gering aantal, wordt gebruik gemaakt van speciaal daartoe ontworpen prints. De bedrading moet uiteraard "met de hand" worden gelegd. Hiervoor gebruikt men bij voorkeur blank montagedraad.
Alleen als draden moeten kruisen wordt isolatiekous of geïsoleerd montagedraad gebruikt.
Hiernaast voorbeelden van zulke printplaten.







HET HOTELSYSTEEM

"Met de hand" bedraden van een systeem geeft veel kans op vergissingen. Zelfs iemand die het systeem goed kent loopt grote kans zich bij het bedraden te vergissen. Veel groter is die kans nog voor iemand die het systeem niet of nauwelijks kent. Toch zal de monteur die het karwei moet opknappen het systeem doorgaans niet kennen.
Men heeft dan ook methoden gezocht om het foutloos monteren zoveel mogelijk te verzekeren. Zo zijn verschillende methoden ontstaan.
We bespreken één van deze methoden uitvoerig aan de hand van een informatie verwerkend systeem. Eerst beschrijven we wat het systeem moet doen.

Een hotel heeft 32 kamers. Om de organisatie van de kamerverhuur goed te laten verlopen beschikt men over een digitaal systeem. Met behulp van dit systeem moet men het volgende bereiken:

- Bij de "receptie" of ontvangst moet men kunnen aangeven of een kamer verhuurt is of niet. Hiertoe is bij de receptie een paneel met 32 lampjes en bijbehorende schakelaars aanwezig, voor elke kamer een lampje met schakelaar.

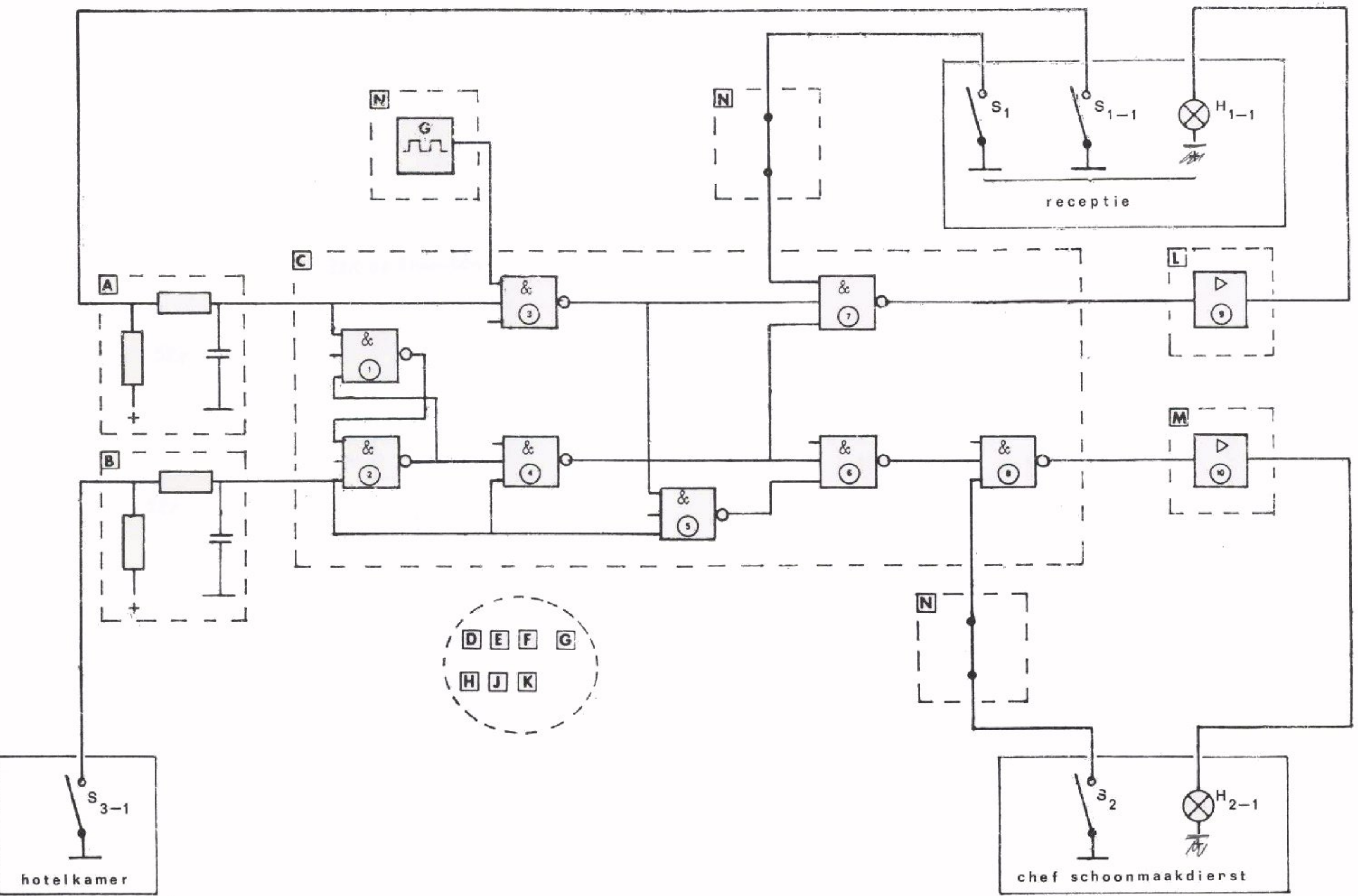
- Bij de receptie moet men aan de chef schoonmaakdienst kunnen melden dat een kamer schoongemaakt moet worden omdat een gast is vertrokken. Daartoe is ook op de kamer van de chef schoonmaakdienst een paneel met 32 lampjes aanwezig.

- Op de kamer van de chef schoonmaakdienst moet zichtbaar zijn dat een meisje met de schoonmaakbeurt van een kamer bezig is. Op elke hotelkamer is daartoe een schakelaar aanwezig, die door het kamermeisje met behulp van een sleutel wordt bediend.

- Tenslotte is bij elk paneel van 32 lampjes één schakelaar nodig om te testen of alle lampjes nog heel zijn. Alle lampjes van een paneel kunnen ter controle tegelijk "aan"-gezet worden.

Hoe het digitale systeem deze informatie verwerkt, wordt pas in de volgende les besproken. We beperken ons nu tot een beschrijving van wat de bedienende mensen doen en wat daarvan het gevolg is.

Indien een kamer voor verhuur klaar is, brandt bij de receptie het lampje van deze kamer continu.
Wordt een kamer verhuurd, dan wordt bij de receptie de schakelaar van deze kamer omgezet en gaat zijn lampje bij de receptie uit.
Na vertrek van de gast wordt de schakelaar van diens kamer bij de receptie teruggezet. Hierdoor gaan de betreffende lampjes bij de receptie en in de kamer van de chef schoonmaakdienst knipperen. De chef stuurt dan een meisje naar de hotelkamer om deze schoon te maken. Het meisje zet in de hotelkamer met haar sleutel de kamerschakelaar om. Hierdoor gaat het lampje in de kamer van de chef continu branden. Het lampje bij de receptie blijft knipperen. Als de kamer schoon is zet het meisje met haar sleutel de kamerschakelaar terug. Hierdoor gaat het lampje in de kamer van de chef uit. Het lampje bij de receptie gaat continu branden ten teken dat de kamer weer voor verhuur gereed is.



N
G
N
S_1
S_{1-1}
H_{1-1}
receptie
C
A
B
L
M
N
D E F G
H J K
S_{3-1}
hotelkamer
S_2
H_{2-1}
chef schoonmaakdierst

BENODIGDHEDEN VOOR HET SYSTEEM

Op blad D32.14 staat een overzicht van de voor het systeem benodigde onderdelen.
Het gehele systeem wordt ondergebracht op 13 printplaten of "kaarten".
Dit zijn de kaarten A tot en met N.
We bekijken het overzicht.

Het overzicht verstrekt niet het complete systeem omdat dit veel te groot is om op één blad weer te geven. Wel is van elk type schakeling er één getekend. Deze schakeling komt een of meer keren in het systeem voor.
Elke schakeling is verder door een streeplijn - rechthoek omgeven.
Binnen elke rechthoek treft u de letter van de kaart aan, waarop de schakeling is gemonteerd.

De schakeling C stelt (op de uitgangstrap na) de logica voor die per hotelkamer in het systeem aanwezig is. Op één kaart kunnen 4 van deze stukjes logica worden gemonteerd. Aangezien er 32 hotelkamers zijn, heeft men 8 van deze kaarten nodig: de kaarten C, D, E, F, G, H. J en K.

Het digitale systeem krijgt van buiten leidingen van schakelaars die via ontstoringsfilters aan het systeem worden toegevoerd. Hiervoor zijn 64 filters nodig:

- 32 filters voor de hotelkamer-schakelaars bij de receptie (S_{1-1} t/m S_{1-32}).
- 32 filters voor de schakelaars in de hotelkamers (S_{3-1} t/m S_{3-32}).

Deze 64 filters zijn onder te brengen op de twee kaarten A en B.
De schakelaardraden van S_1 en S_2 hebben geen filter nodig omdat na hun aansluitpunten geen geheugenschakeling voorkomt. Een korte stoorimpuls heeft geen merkbaar "even aangaan" van de lampjes tot gevolg.

De signaallampen H_{2-1} t/m H_{2-32} bij de chef schoonmaakdienst worden ook door versterkers gestuurd, bijvoorbeeld H_{2-1} door ⑩ . De hiervoor benodigde 32 versterkers bevinden zich op kaart M.

Voor het laten knipperen van lampen is een blokspanningsgenerator G nodig. Voor deze is een laatste kaart N bestemd. De verbindingen van S_1 en S_2 met het systeem lopen tevens via deze kaart N.

Er zijn dus nodig:

1 kaart A met 32 filters,

1 kaart B met 32 filters,

8 kaarten met op iedere kaart 4 x de getekende logica, dat zijn de kaarten C, D, E, F, G, H, J en K.

1 kaart L met 32 versterkers,

1 kaart M met 32 versterkers,

1 kaart N met blokspanningsgenerator en alle verbindingen voor de schakelaars S_1 en S_2.

DE MONTAGEVOORSCHRIFTEN

Er zijn vele manieren in gebruik om de montage van een systeem met printplaten vast te leggen.
Wij geven hier één voorbeeld. Komt men in de praktijk een ander systeem tegen, dan is het aan te bevelen de montagevoorschriften van te voren goed te bestuderen en navraag te doen over punten die niet geheel duidelijk zijn.

Bij de montage maakt men gebruik van *lijsten*. In deze lijsten staat aangegeven welke verbindingen gemaakt moeten worden. Voorbeelden van lijsten van het hier veronderstelde systeem vindt u op de bladen 14 en 15. Elke printplaat en de bij hem horende connector heeft een hoofdletter. In ons systeemvoorbeeld zijn dit A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M en N.
Een printkaart is aan twee zijden van contactsporen voorzien en daartoe heeft een connector twee rijen verende aansluitcontacten. In dit systeem wordt de *onderdelen*-zijde van de print de a-kant en de *andere* zijde de b-kant genoemd.
De contactaansluitingen van de connector zijn genummerd, in de regel oplopend van de ene kant naar de andere kant. Zo heeft de ene rij nummers 1a, 2a, 3a, enz. en de andere rij de nummers 1b, 2b, 3b, enz.
Om een contact op een lijst aan te geven zet men voor het contactnummer nog de hoofdletter van de printkaart.
Contact C5a betekent dus:
van de C-printkaart het 5^e contact aan de a-zijde.

	A		B		C
	a	b	a	b	a
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Hiernaast een deel van een montagelijst. Aan de linkerkant staan de nummers 1 tot en met 6. Boven elk paar kolommen staat een van de letters van de kaarten. In dit geval dus een van de letters A tot en met N.
Een linkerkolom, gemerkt a, duidt op contacten aan de a-kant van de print.
Een rechterkolom, gemerkt b, duidt op contacten aan de b-kant van de print.

In onderstaande lijst is reeds een stukje ingevuld.
In hokje F1a staan G1a en E1a.

	F		G		H	
b	a	b	a	b	a	b
	G1a E1a		H1a F1a		J1a G1a	

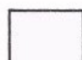
Dit betekent dat contact F1a moet worden doorverbonden met contact G1a en met contact E1a.
Als een verbinding gelegd is, moet dit in de lijst door een aankruising worden weergegeven. Zo brengt men b.v. de verbinding aan van F1a naar G1a en zet daarna een kruis door G1a in hokje F1a.
Elke verbinding komt echter *twee* keer op de lijst voor. Zo is de reeds genoemde verbinding ook vermeld als F1a in hokje G1a.
Bij hokje G1a gekomen wordt de reeds gemaakte verbinding nog eens gecontroleerd. Daarna wordt F1a in hokje G1a aangekruist. Zo wordt elke verbinding een keer gemaakt en een keer gecontroleerd.
Dit is de hier toegepaste manier om fouten tot een minimum te beperken.

Op één na de laatste a- en b-contacten worden in het beschreven systeem als *nul-contacten* gebruikt. Men soldeert een nul-rails langs deze contacten.

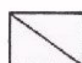
Net zo worden de laatste a- en b-contacten als *voedingsspanningscontacten* gebruikt. Een + rails wordt langs deze contacten gesoldeerd.

Op de lijst zijn de nul- en de + rails door lijnen met contactpunten weergegeven (zie blad D32.19).

OPMERKINGEN:



Een blanco hokje betekent dat aan het betreffende contact geen verbinding gelegd behoeft te worden.



Een aldus gemerkt hokje duidt erop dat een *binnenkomende* leiding aangesloten moet worden b.v. van een opnemer of van een generator buiten het systeem.



Dit hokje duidt erop dat een *uitgaande* leiding aangesloten moet worden, b.v. naar een weergever buiten het systeem.



Een aldus gemerkt hokje duidt erop dat van het betreffende contact ook een verbinding naar een *ander rek* loopt. Daaruit volgt dat het totale systeem bestaat uit meerdere rekken met printplaten.

Op de montagelijsten van dit beschreven systeem geeft men niet aan waar bovenstaande "buiten"-verbindingen naartoe moeten gaan. Hiervoor dienen zonodig aparte aansluitlijsten.

Bij andere systemen wordt soms wel op de montagelijsten aangegeven waar "buiten"-verbindingen naar toe moeten gaan.

OEFENINGEN

Bekijk blad D32.19 en beantwoord de volgende vragen:

Contact C1a wordt verbonden met	D1a	; G12a met	
D3a met		; E13a met	
F5a met		; G4a met	
B9b met		; A3b met	
B18b met		; A12b met	
F15a met		; A28b met	

	A		B		C		D		E		F		G		H		
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
1		C2a		C12a	D1a		E1a C1a		F1a D1a		G1a E1a		H1a F1a		J1a G1a		1
2		C3a		C13a	A1b		A5b		A9b		A13b		A17b		A21b		2
3		C4a		C14a	A2b		A6b		A10b		A14b		A18b		A22b		3
4		C5a		C15a	A3b		A7b		A11b		A15b		A19b		A23b		4
5		D2a		D12a	A4b		A8b		A12b		A16b		A20b		A24b		5
6		D3a		D13a													6
7		D4a		D14a	M1a		M5a		M9a		M13a		M17a		M21a		7
8		D5a		D15a	M2a		M6a		M10a		M14a		M18a		M22a		8
9		E2a		E12a	M3a		M7a		M11a		M15a		M19a		M23a		9
10		E3a		E13a	M4a		M8a		M12a		M16a		M20a		M24a		10
11		E4a		E14a													11
12		E5a		E15a	B1b		B5b		B9b		B13b		B17b		B21b		12
13		F2a		F12a	B2b		B6b		B10b		B14b		B18b		B22b		13
14		F3a		F13a	B3b		B7b		B11b		B15b		B19b		B23b		14
15		F4a		F14a	B4b		B8b		B12b		B16b		B20b		B24b		15
16		F5a		F15a													16
17		G2a		G12a	L1a		L5a		L9a		L13a		L17a		L21a		17
18		G3a		G13a	L2a		L6a		L10a		L14a		L18a		L22a		18
19		G4a		G14a	L3a		L7a		L11a		L15a		L19a		L23a		19
20		G5a		G15a	L4a		L8a		L12a		L16a		L20a		L24a		20
21		H2a		H12a	D21a		E21a C21a		F21a D21a		G21a E21a		H21a F21a		J21a G21a		21
22		H3a		H13a													22
23		H4a		H14a													23
24		H5a		H15a													24
25		J2a		J12a													25
26		J3a		J13a													26
27		J4a		J14a													27
28		J5a		J15a													28
29		K2a		K12a													29
30		K3a		K13a													30
31		K4a		K14a	D31a		E31a C31a		F31a D31a		G31a E31a		H31a F31a		J31a G31a		31
32		K5a		K15a													32
33																	33
34	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	34
35	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	35

	J		K		L		M		N								
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
1	K1a H1a		N1a J1a		C17a		C7a		K1a								1
2	A25b		A29b		C18a		C8a										2
3	A26b		A30b		C19a		C9a										3
4	A27b		A31b		C20a		C10a										4
5	A28b		A32b		D17a		D7a										5
6					D18a		D8a										6
7	M25a		M29a		D19a		D9a										7
8	M26a		M30a		D20a		D10a										8
9	M27a		M31a		E17a		E7a										9
10	M28a		M32a		E18a		E8a										10
11					E19a		E9a										11
12	B25b		B29b		E20a		E10a										12
13	B26b		B30b		F17a		F7a										13
14	B27b		B31b		F18a		F8a										14
15	B28b		B32b		F19a		F9a										15
16					F20a		F10a										16
17	L25a		L29a		G17a		G7a										17
18	L26a		L30a		G18a		G8a										18
19	L27a		L31a		G19a		G9a										19
20	L28a		L32a		G20a		G10a										20
21	K21a H21a		N21a J21a		H17a		H7a		K21a								21
22					H18a		H8a										22
23					H19a		H9a										23
24					H20a		H10a										24
25					J17a		J7a										25
26					J18a		J8a										26
27					J19a		J9a										27
28					J20a		J10a										28
29					K17a		K7a										29
30					K18a		K8a										30
31	K31a H31a		N31a J31a		K19a		K9a		K31a								31
32					K20a		K10a										32
33																	33
34																	34
35																	35

D32.20

OEFENING

Op dit blad zijn opzettelijk fouten gemaakt bij het invullen van de rekbedradingslijst. Zoek de verbindingen op die onderling niet kloppen. Zet cirkels om deze fouten verbindingen.
De fouten bevinden zich *uitsluitend* in de eerste 10 regels. Controleer daarom tot en met de contacten 10a en 10b.

	J a	J b	K a	K b	L a	L b	a	b	a	b
1	K1a H1a		M1a J1a		C17a		C7a		K1a	
2	A25b		A29b		C18a		C8a			
3	A26b		A30b		C19a		C9a			
4	A27b		A31b		C20a		C10a			
5	A28b		A32b		D17a		D7b			
6					D18a		D5b			
7	M25a		M29a		D19a		D9b			
8	M26a		M30a		D20a		D10b			
9	M27a		M31a		E17a		E7a			
10	M28a		M32a		E18a		E8a			
11					E19a		F9a			
12	B25b		B29b		E20a		E10a			
13	B26b		B30b		F17a		F7a			
14	B27b		B31b		F18a		F8a			
15	B28b		B32b		F19a		F9a			
16					F20a		F10a			
17	L25a		L29a		G17a		G7a			
18	L26a		L30a		G18a		G8a			
19	L27a		L31a		G19a		G9a			
20	L28a		L32a		G20a		G10a			
21	K21a H21a		N21a J21a		H17a		H7a		21a	
22					H18a		H8a			
23					H19a		H9a			
24					H20a		H10a			
25					J17a		J7a			
26					J18a		J8a			
27					J19a		J9a			
28					J20a		J10a			
29					K17a		K7a			
30					K18a		K8a			
31	K31a H31a		N31a J31a		K19a		K9a		K31a	
32					K20a		K10a			
33										
34	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
35	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

	A a	A b	B a	B b	C a	C b	D a	D b	E a	E b	F a	F b	G a	G b	H a	H b	
1		C2a		C12a	D1a		F1a C1a		F1a D1a		G1a E1a		H1a F1a		J1a G1a		1
2		C3a		C13a	A1b		A5b		A9b		A13b		A17b		A21b		2
3		C4a		C14a	A2b		A6b		A10b		A14b		A18b		A22b		3
4		C5a		C15e	A3b		A7b		A11b		A15b		A19b		A23b		4
5		D3a		D12a	A4b		A8b		A12b		A16b		A20b		A24b		5
6		D4e		D13a													6
7		D5a		D14a	M1a		M5a		M9a		M13a		M17a		M21a		7
8		D6a		D15a	M2a		M6a		M10a		M14a		M18a		M22a		8
9		E2a		E12a	M3a		M7a		M11a		M15a		M19a		M23a		9
10		E3a		E13a	M4a		M8a		M12a		M16a		M20a		M24a		10
11		E4a		E14a													11
12		E5a		E15a	B1b		B5b		B9b		B13b		B17b		B21b		12
13		F2a		F12a	B2b		B6b		B10b		B14b		B18b		B22b		13
14		F3a		F13a	B3b		B7b		B11b		B15b		B19b		B23b		14
15		F4a		F14a	B4b		B8b		B12b		B16b		B20b		B24b		15
16		F5a		F15a													16
17		G2a		G12a	L1a		L5a		L9a		L13a		L17a		L21a		17
18		G3a		G13a	L2a		L6a		L10a		L14a		L18a		L22a		18
19		G4a		G14a	L3a		L7a		L11a		L15a		L19a		L23a		19
20		G5a		G15a	L4a		L8a		L12a		L16a		L20a		L24a		20
21		H2a		H12a	D21a		E21a C21a		F21a D21a		G21a E21a		H21a F21a		J21a G21a		21
22		H3a		H13a													22
23		H4a		H14a													23
24		H5a		H15a													24
25		J2a		J12a													25
26		J3a		J13a													26
27		J4a		J14a													27
28		J5a		J15a													28
29		K2a		K12a													29
30		K3a		K13a													30
31		K4a		K14a	D31a		E31a C31a		F31a D31a		G31a E31a		H31a F31a		J31a G31a		31
32		K5a		K15a													32

VERBAND TUSSEN SCHEMA EN MONTAGELIJST

Bekijk de bladen 10, 14 en 15. We gaan na of op de montagelijsten inderdaad de verbindingen voorkomen die volgens het schema aangebracht moeten worden. We doen dit niet voor alle verbindingen, maar voor een aantal verschillende voorbeelden.

Volgens het schema moet kaart A van S_{1-1} t/m S_{1-32}, dus van buiten, 32 *binnen*komende leidingen krijgen.
Volgens de montagelijst worden er inderdaad 32 binnenkomende leidingen aangesloten (de contacten A1a t/m A32a).

Volgens het schema moeten er van kaart L32 *uit*gaande leidingen naar H_{1-1} t/m H_{1-32} gaan.
Volgens de montagelijst zijn er op kaart L inderdaad 32 uitgaande leidingen aangesloten (de contacten L_{b1} t/m L_{b32}).

Volgens het schema moet de generatorkaart N het generatorsignaal aan de kaarten C, D, E, F, G, H, J en K toevoeren.

Volgens de montagelijsten loopt er een verbinding van N naar kaart K (contact K1a), van kaart K naar kaart J (K1a → J1a), van kaart J naar kaart H (J1a → H1a), enz. We zien dat er niet 8 aparte verbindingen naar de kaarten C t/m K zijn aangebracht, maar dat er een leiding van N via K, J, H, G, F, E en D naar C loopt. Men spreekt wel van "doorlussen".

Volgens het schema moet S_1 via kaart N met de kaarten C t/m K worden doorverbonden.
Volgens de montagelijst komt er van buiten inderdaad een verbinding met N (contact N21b). Verder is N via 21a-contacten doorgelust met de kaarten C t/m K. Ga dit zelf na.

OEFENINGEN

- De schakelaars S_{3-1} t/m S_{3-32} zijn via de contacten [ ] t/m [ ] verbonden met kaart B.
- Van kaart B zijn 4 filters met kaart D verbonden via [+], [+], [+] en [+].
- Van kaart E zijn 4 NAND's verbonden met versterkers op kaart M via [+], [+], [+] en [+].
- S_2 is via de contacten [+] van kaart [ ] verbonden met contact [ ] van kaart K. Deze kaart is doorgelust met andere kaarten via de contacten [+], [+], [+], [+], [+], [+] en [+].

EEN ANDER SYSTEEM

Op de volgende bladen zijn voorbeelden gegeven van enkele montagelijsten volgens een ander systeem.
Als eerste voorbeeld bekijken we de montagelijst op volgend blad.

- Deze montagelijst geldt voor één modul, de aansluitingen aan een connector. De connector-contacten zijn genummerd van 1 t/m 22 en van 51 t/m 72 (deze laatste ook van A t/m Z), zonder G, I. O en Q; waarbij de letters ook op de connector staan indien deze aan militaire voorschriften moet voldoen).

- In de middelste kolommmen worden de namen van de verbindingen vermeld, b.v. 2 x 12 V~.

- In de kolommen onder "to" (engels voor "naar") wordt aangegeven waar de draad van het betreffende contact aan zijn andere eind mee verbonden moet worden. Deze verbinding wordt aangebracht zodra men aan deze aanduiding onder "to" toe is.

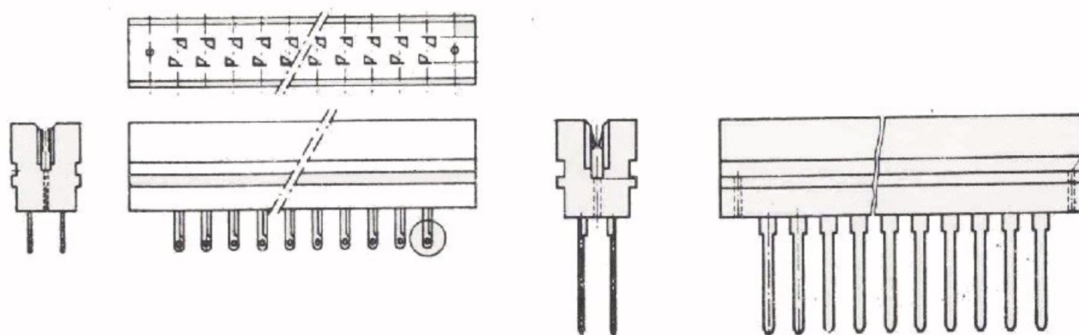
- In de kolommen onder "from" (engels voor "vanaf") is vermeld waar de aan het contact zittende draad vandaan moet komen.
  Deze draadverbinding is al eerder aangegeven onder "to" en dient toen aangebracht te zijn. Deze kolom dient als controle of de verbindingen zijn aangebracht en of deze verbindingen goed zijn aangebracht.

- In de kolommen onder "to" kan men ook verbindingen aantreffen die naar andere punten dan connector-contacten gaan, zoals b.v. naar een trafo.

- De modullen en bijbehorende connectors hebben in dit systeem nummers.
  Bij elke aanduiding van een verbinding wordt eerst het connector-nummer en daarna het contact-nummer van deze connector vermeld.
  Zo betekent bijvoorbeeld 1.04 dat een verbinding gelegd moet worden met contact 4 van connector 1.

- Als het normale wire wrap-draad te dun is, wordt aangegeven met ✱ welk draad dan gebruikt moet worden.

- Aan een contact kunnen twee draden gelegd worden.
  Voor elk contact zijn twee plaatsen boven elkaar ter beschikking om aan te duiden waarmede de verbinding(en) tot stand gebracht moet(en) worden.



		to	from			from	to		
A	51							1	
B	52							2	
C	53				2×12V∼		T1.28 1.04	3	★
D	54				2×12V∼	1.03		4	★
E	55				UNREGULATED D.C +		2.10 1.06	5	★
F	56				..	1.05	1.07	6	★
H	57				..	1.06		7	★
J	58				2×12V∼		T1.30 1.09	8	★
K	59				2×12V∼	1.08		9	★
L	60				REGULATED DC + 6V		2.01 1.11	10	★
M	61				..	1.10	1.12	11	★
N	62				..	1.11		12	★
P	63				SCS GATE		2.15	13	
R	64							14	
S	65							15	
T	66							16	
U	67							17	
V	68				REGULATED DC −		T1.29 1.19	18	★
W	69				..	1.18	1.20	19	★
X	70				..	1.19	2.16	20	★
Y	71							21	
Z	72							22	

normaal wire wrap-draad: 0,04 mm^2

★ = 0,97 mm^2

CONNECTOR 1. UNREGULATED DC POWER SUPPLY 6V−3A

MONTAGELIJST VOOR KABEL MET CONNECTOR

Op volgend blad is een montagelijst gegeven waarop vastgelegd is hoe een kabel met een connector verbonden wordt.

- De kabel bevat 22 x 2 aders.
  De aders zitten in groepjes van twee in de kabel.
  De aderparen zijn genummerd van 1 t/m 22.

- Elk paar aders dat bij elkaar hoort, heeft een kleurcombinatie die verschilt van elk van de andere paren.
  De kleuren zijn op de lijst in het engels weergegeven en voldoen aan de DIN-normen.

br = brown = bruin	bl = blue = blauw
rd = red = rood	gy = grey = grijs
Yw = yellow = geel	wt = white = wit
gr = green = groen	pk = pink = rose
blk = black = zwart	

Voor een aantal aders worden twee kleuren gebruikt die elkaar langs de ader afwisselen, bijvoorbeeld wt br = wit bruin.

Aan de hand van de montagelijst is nu wel te zien welke ader met welk contact verbonden moet worden.

Bij dit systeem zijn voor andere doeleinden weer andere lijsten in gebruik. We zijn niet volledig geweest. We hebben aan de hand van de twee besproken lijsten alléén een indruk willen geven van andere systemen.

CABLE		CONNECTOR	
PAIR	COLOUR		
1	wt	51	
	br		1
2	gn	52	
	yw		2
3	gy	53	
	pk		3
4	bl	54	
	rd		4
5	wt br	55	
	yw gn		5
6	gy pk	56	
	bl rd		6
7	wt gn	57	
	br gn		7
8	wt yw	58	
	yw br		8
9	wt gy	59	
	gy br		9
10	wt pk	60	
	pk br		10
11	wt bl	61	
	br bl		11
12	wt rd	62	
	br rd		12
13	wt blk	63	
	br blk		13
14	gy gn	64	
	yw gy		14
15	pk gn	65	
	yw pk		15
16	gn bl	66	
	yw bl		16
17	gn rd	67	
	yw rd		17
18	gn blk	68	
	yw blk		18
19	gy bl	69	
	pk bl		19
20	gy rd	70	
	pk rd		20
21	gy blk	71	
	pk blk		21
22	bl blk	72	
	rd blk		22

br - brown
rd - red
yw - yellow
gn - green
blk - black
bl - blue
gy - grey
wt - white
pk - pink

SAMENVATTING

- Printplaten maakt men van
  - *pertinax* of *hardpapier*: goedkoop
  - *epoxyglasvezel* : sterk
    isoleert goed
    temperatuurbestendig

- Uitvoeringen van printplaten:
  - sporen aan één kant,
  - sporen aan twee zijden, gaten meestal doorgemetalliseerd,
  - "multi-layer"- of meerlaagsuitvoering,

- Alleen de *zware componenten*, zoals elco's en transformators, monteert men niet op prints.

- Heet wordende componenten, zoals vermogenstransistors en belastingsweerstanden moeten op *afstand* worden gemonteerd.

- Soldeermethoden zijn:
  - met de hand solderen of boutsolderen,
  - dompelsolderen,
  - golfsolderen,
  - met hete lucht solderen.

- Boutsolderen dient met een *laagspannings*soldeerbout te geschieden.

- Men heeft ook glasvezelplaten waarop de *dead bug*-methode wordt toegepast. Daarbij worden aan één zijde de componenten "op de rug liggend" gemonteerd. Met dompel- of golfsolderen bevestigt men ze in één keer aan de pennen.
  Aan de andere zijde brengt men geen printsporen, maar wire wrap-verbindingen aan.

- Men kan ook glasvezelplaten met printsporen combineren met wire wrappennen. De pennen worden, nadat ze in de printplaten zijn aangebracht, met behulp van afgepaste ringetjes soldeer en hete lucht aan de sporen gesoldeerd.

- De verbindingen met print- of dead bug-kaarten lopen via *connectors*, die in laden zijn opgesteld.
  Een aantal laden is samen te voegen in een rek, dat in een kast is opgesteld.

- Bij de rekmontage maakt men gebruik van *montage-lijsten*.
  In het besproken montage-systeem is gebruikelijk:
  - elke kaart een hoofdletter te geven,
  - de contacten van een connector te nummeren,
  - de onderdelen-zijde van de kaart als a-zijde en de andere kant als b-zijde aan te duiden.

- Zo betekent in het 1^{e} besproken systeem "contact D10b":
  van de D-kaart het 10de contact aan de b-zijde.

- De montagelijsten beperken het maken van fouten tot een minimum doordat men eerst een verbinding aanbrengt en men deze later apart controleert.

- Betekenis van enkele aanduidingen op montagelijsten van het besproken systeem:

			
bineenkomende leiding	uitgaande leiding	leiding naar ander rek	géén verbinding

- Het laatste contact van rij a en rij b op de connector wordt doorgaans gebruikt voor de voedingsspanning.
  Het voorlaatste contact van elke rij wordt gebruikt voor het bevestigen van de 0 V-leiding.

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

Gebruik bij het maken van volgende oefeningen de bladen 14, 19 en 20 van deze les. Beantwoord volgende vragen die op deze bladen betrekking hebben.

1. In de van S_1 en S_2 binnenkomende leidingen zijn geen ontstoringsfilters aangebracht. Dit is niet nodig omdat:

2. De generator G moet zijn signaal toevoeren aan de kaarten

   . Daarbij brengt men **wel / niet**

   8 aparte verbindingen aan tussen G en de diverse kaarten. De toegepaste

   methode noemt men wel .

3. De schakelaar S_1 is via de contacten N21b en van kaart N doorverbonden met de kaarten C t/m K. Op laatstgenoemde kaarten loopt de

   doorverbinding via de contacten:

4. Vier ontstoringsfilters van kaart B zijn verbonden met kaart J. De verbindingen lopen via de contacten:

   + , + , + en + .

5. Kaart G heeft vier verbindingen met uitgangsversterkers op kaart M. Deze verbindingen lopen via de contacten:

   + , + , + en + .

D32.32

D 33 FOUTZOEKEN

In voorgaande les hebben we ons beziggehouden met het maken en monteren van printplaten. Verder met het bedraden van systemen waarin gebruik gemaakt wordt van meerdere printplaten.

Deze les gaat over het systematisch opsporen van fouten in een digitaal systeem. Daartoe bespreken we eerst de werking van het systeem dat in een voorgaande les aan de orde is geweest (les D32). Vervolgens gaan we na welke fouten het meest voorkomen en in welke volgorde moet worden nagegaan of deze fouten aanwezig zijn.
Tot slot gaan we het opsporen van fouten praktisch beoefenen.
Uw leraar brengt een fout aan in een door u te bouwen stukje van het eerder genoemde informatie-verwerkend systeem. U dient deze fout daarna op te sporen.

PANEELCONTROLE

In de praktijk zullen we er meestal vanuit kunnen gaan dat de componenten waarmee we het systeem opbouwen niet defect zijn. Bij het opbouwen van een systeem op het paneel kan het echter voorkomen dat de componenten bij een eerdere opdracht defect zijn geraakt.
Voordat we in een les een modul in een schakeling toepassen is het goed om te controleren of de componenten heel zijn, zoals we dat steeds hebben moeten doen.

- Bij de controle van een modul moet eerst de voedingsspanning worden aangesloten.

- Bij controle van de NOR-functies behoeven we niet meer te doen dan telkens de Q van de NOR te verbinden met een ingang van de indicatormodul. De zwevende ingangen van de NOR, die immers "0" zijn, zorgen ervoor dat Q = 1 moet zijn.
  Is de NOR nog heel, dan zal de LED van de indicatormodul oplichten. Leggen we daarna de ingang van de NOR aan "1", dan zal de LED niet oplichten.

- Bij controle van een NAND-functie moet men twee dingen doen. De uitgang Q moet met een ingang van de indicatormodul worden verbonden; een of meer ingangen moeten met de nul worden verbonden. Zwevende NAND-ingangen zijn immers "1". Bij uitsluitend zwevende ingangen is dus Q = 0.
  Door een van de ingangen met "0" te verbinden wordt Q = 1 en licht de LED op.

OPDRACHT

● Voer bovenbeschreven controle van de NOR- en NAND-functies op uw paneel uit.

HET HOTELSYSTEEM

Een hotel heeft 32 kamers. Om de verhuur van de kamers gemakkelijk te regelen gebruikt men een digitaal systeem.

Als *opnemers* heeft dit systeem:
- 32 schakelaars bij de receptie, voor elke kamer een,
- 1 schakelaar in elk van de 32 hotelkamers,
- 1 schakelaar voor lampencontrole bij de receptie,
- 1 schakelaar voor lampencontrole in de kamer van de chef schoonmaakdienst.

Als *weergevers* heeft het systeem:
- 1 paneel met 32 signaallampen bij de receptie,
- 1 paneel met 32 signaallampen bij de chef schoonmaakdienst.

Het systeem moet volgende informatie door middel van de schakelaars kunnen opnemen.

Bij de receptie:
- een kamer is verhuurd,
- de kamer is opgezegd en moet daarom schoongemaakt worden.

Op elke hotelkamer:
- een meisje is bezig met schoonmaken,
- een meisje is niet bezig met schoonmaken.

Het systeem moet volgende informatie met behulp van de lampen kunnen weergeven.

Bij de receptie:

- een kamer is verhuurd:	lamp uit
- een kamer is opgezegd en moet schoongemaakt worden:	lamp knippert
- een kamer is klaar om opnieuw te verhuren:	lamp aan.

Bij de chef schoonmaakdienst:

- een kamer moet schoongemaakt worden:	lamp knippert
- een meisje is bezig met schoonmaken:	lamp aan
- een meisje is niet bezig met schoonmaken:	lamp uit.

WERKING VAN HET SYSTEEM

Het systeem werkt nu als volgt:

- Is een kamer klaar om te verhuren, dan brandt het lampje bij de receptie.

- Wordt de kamer verhuurd, dan wordt haar schakelaar bij de receptie omgezet en gaat het receptielampje uit.

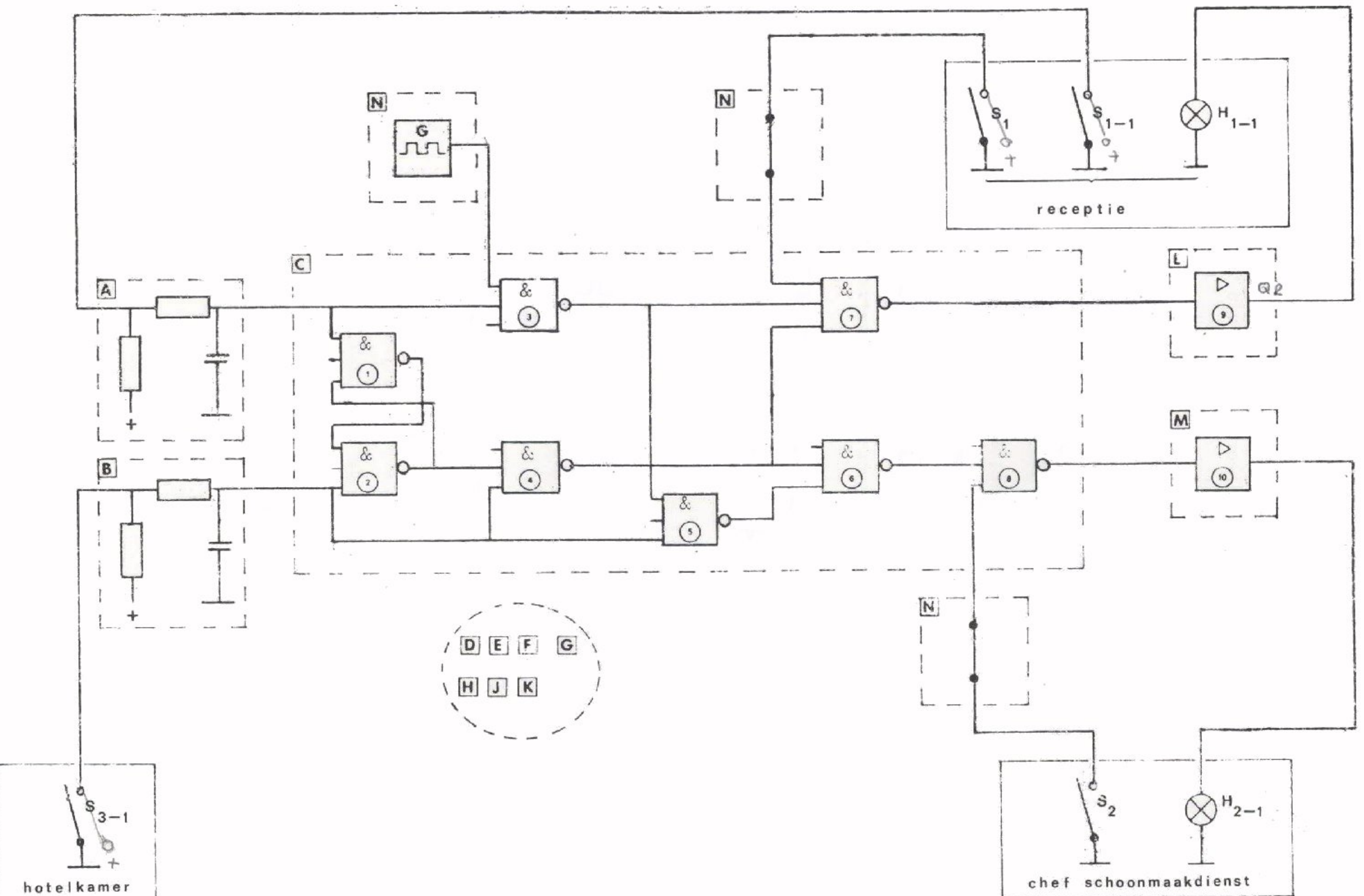
- Wordt de kamer tussentijds schoongemaakt, dan zet een meisje met haar sleutel de schakelaar op de kamer om. Hierdoor gaat het lampje van die kamer bij de chef schoonmaakdienst branden.

- Is het meisje klaar, dan zet ze de kamerschakelaar terug. Het lampje bij de chef gaat daardoor uit.

- Bij het opzeggen van de kamerverhuur wordt de schakelaar van de kamer bij de receptie omgezet. Hierdoor gaan de lampjes bij de receptie en bij de chef schoonmaakdienst knipperen.

- De chef geeft een meisje opdracht de kamer schoon te maken. Het meisje zet als ze begint de kamerschakelaar om. Hierdoor gaat het lampje bij de chef continu branden. Het lampje bij de receptie blijft knipperen.

- Is het meisje klaar, dan zet ze de kamerschakelaar terug. Hierdoor gaat het lampje bij de chef uit. Het lampje bij de receptie gaat continu branden als teken dat de kamer gereed is om opnieuw te verhuren.



N
G
N
S_1
S_{1-1}
H_{1-1}
receptie
C
A
B
L
Q2
M
N
D
E
F
G
H
J
K
S_{3-1}
hotelkamer
S_2
H_{2-1}
chef schoonmaakdienst

FUNCTIE-TABEL VAN HET HOTEL SYSTEEM

Op vorig blad bevindt zich het schema van het hotel-systeem. We bekijken het informatie-verwerkend deel van het schema. Dit deel is gemerkt C en bevat 5 ingangen en 2 uitgangen.

Hoe de werking van het informatie-verwerkend systeem moet zijn, kan in een functie-tabel worden samengevat. We maken daartoe enige afspraken over het gebruik van de "0"- en "1"-toestand.

- Voor alle schakelaars geldt: S = 0 als S gesloten is
  S = 1 als S open is

  Is namelijk S gesloten, dan wordt een NAND-ingang met de 0 verbonden. Is S open, dan wordt de NAND-ingang zwevend. Dit komt voor een NAND op hetzelfde neer als het toevoeren van een 1.

- Voor alle lampjes geldt: H = 1 als het lampje brandt,
  H = 0 als het lampje niet brandt.

- Voor de functie-tabel maken we een bijzondere afspraak voor een knipperend lampje, namelijk H = K. Dit betekent dus dat dit lampje afwisselend "0" en "1" wordt.

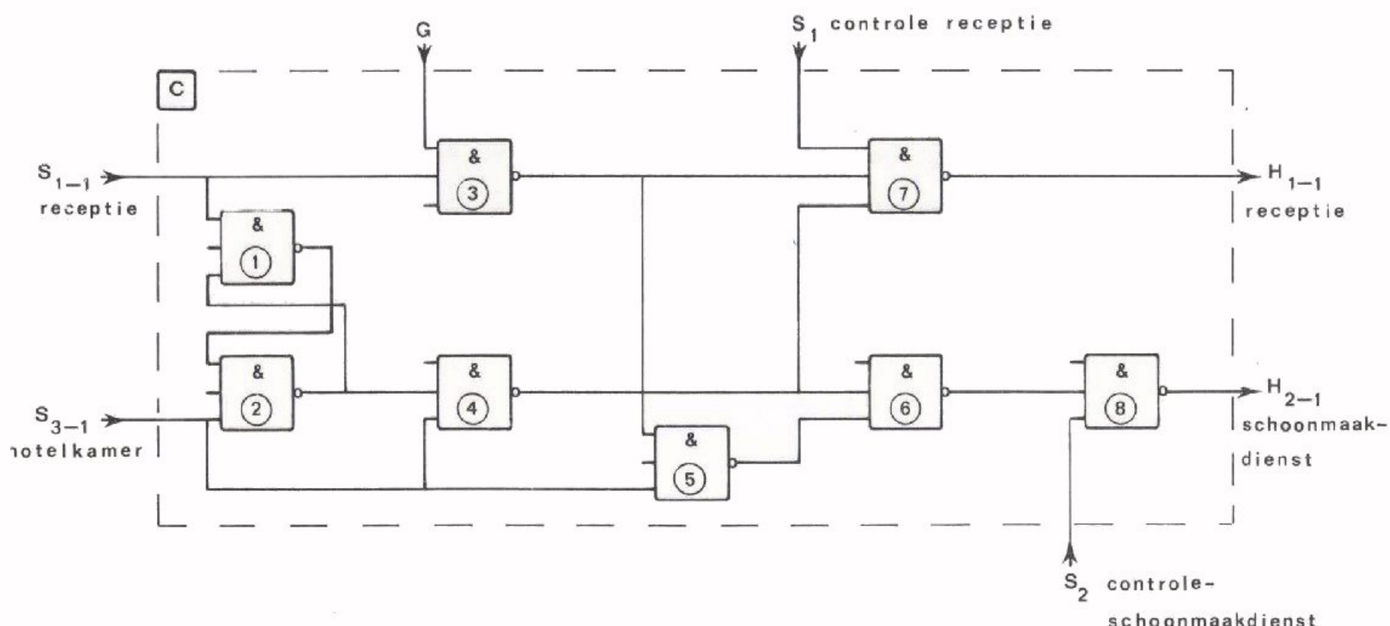
- De ingang van het systeem C die met generator G verbonden is, nemen we niet in de functie-tabel op. G levert namelijk een blokspanning met een herhalingsfrequentie van 1 Hz en is dus steeds afwisselend "0" en "1".

- Met een kruisje (x) geven we aan dat de toestand van de betreffende ingang of uitgang er niet toe doet. Bij het testen van alle lampjes op een paneel is namelijk alleen de stand van de controle-schakelaar bij dat paneel van belang.

controleschakelaar		schakelaar per kamer		recep-tie-lamp	schoon-maak-lamp	
receptie	schoonmaak	receptie	kamer			
S_1	S_2	S_{1-1}	S_{3-1}	H_{1-1}	H_{2-1}	
1	1	1	1	1	0	kamer niet verhuurd
1	1	0	1	0	0	kamer verhuurd
1	1	0	0	0	1	kamer wordt tussentijds schoongemaakt
1	1	0	1	0	0	kamer verhuurd
1	1	1	1	K	K	kamer niet verhuurd moet worden schoongemaakt
1	1	1	0	K	1	kamer niet meer verhuurd, wordt schoongemaakt
1	1	1	1	1	0	kamer niet verhuurd en klaar
0	x	x	x	1	x	lampentest bij receptie
x	0	x	x	x	1	lampentest bij chef schoonmaakdienst

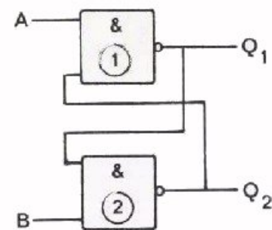
INFORMATIEVERWERKING IN HET HOTELSYSTEEM

Met de functie-tabel is kort weergegeven hoe het systeem moet werken. We controleren vervolgens of de logica die per kamer aanwezig is, de gegeven informatie goed verwerkt.



Bedenk: 2 NAND-flip flop

A	B	Q1	Q2
1	0	0	1
1	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	0
0	0	1	1
1	1	?	?



De uitgang van een NAND is alléén "0" als alle ingangen "1" zijn.

We gaan uit van de toestand waarbij de kamer niet verhuurd is (S_{1-1} = "1") en het kamermeisje de kamer na de schoonmaakbeurt heeft verlaten (S_{3-1} is "0" geweest).
Het geheugen gevormd door NAND's ① en ② verkeert in rusttoestand. S_{1-1} = "1" en S_{3-1} = "1". De uitgangstoestand wordt bepaald door wat vooraf ging. Dat betekent dat 1Q = 0 en 2Q = 1.

- S_{1-1} = 1 en G knippert, zodat ook 3Q = K
- S_{3-1} = 1 en 2Q = 1 dus 4Q = 0
- S_{3-1} = 1 en 3Q = K dus 5Q = K
- 4Q = 0 en 5Q = K dus 6Q = 1
- S_1 = 1, 3Q = K en 4Q = 0 dus 7Q = 1 H_{1-1} = 1
- 6Q = 1 en S_2 = 1 dus 8Q = 0 H_{2-1} = 0

Uit het voorafgaande volgt de eerste regel van de functie-tabel.
Controleer dit.

Op dezelfde manier doorlopen we in een oefening de rest van het systeem.
Of u deze oefening goed maakt kunt u controleren door telkens het verkregen resultaat te vergelijken met een volgende regel uit de functie-tabel.
Gebruik bij de oefening dit blad en blad 7.

OEFENING

Aan een binnenkomende gast wordt de kamer verhuurd. Bij de receptie wordt S_{1-1} omgezet.

Nu ontstaat de toestand:

S_{1-1} = ☐	S_{3-1} = ☐		1Q = ☐	2Q = ☐	
S_{1-1} = ☐	G = ☐		3Q = ☐		
2Q = ☐	S_{3-1} = ☐		4Q = ☐		
3Q = ☐	S_{3-1} = ☐		5Q = ☐		
4Q = ☐	5Q = ☐		6Q = ☐		
S_1 = ☐	3Q = ☐	4Q = ☐	7Q = ☐	H_{1-1} = ☐	
S_2 = ☐	6Q = ☐		8Q = ☐	H_{2-1} = ☐	

Controleer of u de tweede regel van de functie-tabel hebt.

De kamer blijft verhuurd. Het kamermeisje gaat de kamer schoonmaken en zet de kamerschakelaar S_{3-1} om.

Nu ontstaat de toestand:

S_{1-1} = ☐	S_{3-1} = ☐		1Q = ☐	2Q = ☐	
S_{1-1} = ☐	G = ☐		3Q = ☐		
2Q = ☐	S_{3-1} = ☐		4Q = ☐		
3Q = ☐	S_{3-1} = ☐		5Q = ☐		
4Q = ☐	5Q = ☐		6Q = ☐		
S_1 = ☐	3Q = ☐	4Q = ☐	7Q = ☐	H_{1-1} = ☐	
S_2 = ☐	6Q = ☐		8Q = ☐	H_{2-1} = ☐	

Controleer of u de derde regel van de functie-tabel hebt.

Het kamermeisje verlaat de kamer na het schoonmaken en zet daarbij S_{3-1} terug.
Nu ontstaat de toestand:

S_{1-1} = ☐ , S_{3-1} = ☐   1Q = ☐   2Q = ☐

S_{1-1} = ☐ , G = ☐   3Q = ☐

2Q = ☐ , S_{3-1} = ☐   4Q = ☐

3Q = ☐ , S_{3-1} = ☐   5Q = ☐

4Q = ☐ , 5Q = ☐   6Q = ☐

S_1 = ☐ , 3Q = ☐ , 4Q = ☐ , 7Q = ☐ , H_{1-1} = ☐

S_2 = ☐ , 6Q = ☐   8Q = ☐ , H_{2-1} = ☐

Controleer of u de vierde regel van de functie-tabel hebt.

De gast vertrekt. Bij de receptie wordt S_{1-1} teruggezet.
Nu ontstaat de toestand:

S_{1-1} = ☐ , S_{3-1} = ☐   1Q = ☐ , 2Q = ☐

S_{1-1} = ☐ , G = ☐   3Q = ☐

2Q = ☐ , S_{3-1} = ☐   4Q = ☐

3Q = ☐ , S_{3-1} = ☐   5Q = ☐

4Q = ☐ , 5Q = ☐   6Q = ☐

S_1 = ☐ , 3Q = ☐ , 4Q = ☐ , 7Q = ☐ , H_{1-1} = ☐

S_2 = ☐ , 6Q = ☐   8Q = ☐ , H_{2-1} = ☐

Controleer of u de vijfde regel van de functie-tabel hebt.

Het kamermeisje gaat de kamer schoonmaken en zet daarbij S_{3-1} met de sleutel om.
Nu ontstaat de toestand:

S_{1-1} = ☐ , S_{3-1} = ☐   1Q = ☐ , 2Q = ☐

S_{1-1} = ☐ , G = ☐   3Q = ☐

2Q = ☐ , S_{3-1} = ☐   4Q = ☐

3Q = ☐ , S_{3-1} = ☐   5Q = ☐

4Q = ☐ , 5Q = ☐   6Q = ☐

S_1 = ☐ , 3Q = ☐ , 4Q = ☐ , 7Q = ☐ , H_{1-1} = ☐

S_2 = ☐ , 6Q = ☐ ,   8Q = ☐ , H_{2-1} = ☐

Controleer of u de zesde regel van de functie-tabel hebt.

Na de schoonmaakbeurt verlaat het meisje de kamer. Ze zet daarbij S_{3-1} terug.
Nu ontstaat de toestand:

S_{1-1} = 1 , S_{3-1} = 1   1Q = ☐ , 2Q = ☐

S_{1-1} = 1 , G = h   3Q = ☐

2Q = 1 , S_{3-1} = 1   4Q = ☐

3Q = ☐ , S_{3-1} = ☐   5Q = ☐

4Q = ☐ , 5Q = ☐   6Q = ☐

S_1 = ☐ , 3Q = ☐ , 4Q = ☐ , 7Q = ☐ , H_{1-1} = ☐

S_2 = ☐ , 6Q = ☐ ,   8Q = ☐ , H_{2-1} = ☐

Controleer of u de zevende regel van de functie-tabel hebt, die gelijk is aan de eerste.

Wat u nu gecontroleerd hebt voor één kamer van het hotel, geldt natuurlijk ook voor alle andere kamers. We gaan hier dan ook niet verder op in.

U hebt zo de werking van het informatie-verwerkend deel van het systeem helemaal gecontroleerd.
Het is wenselijk ook na te gaan of de lampentest werkt. We stellen dat regel 2 van de functie-tabel optreedt. Controleer dan:

Als S_1 omgezet wordt, geldt:

S_1 = ☐ 3Q = ☐ 4Q = ☐ 7Q = ☐ H_{1-1} = ☐

Als S_2 omgezet wordt, geldt:

S_2 = ☐ 6Q = ☐ 8Q = ☐ H_{2-1} = ☐

OPDRACHT: HOTELSYSTEEM IN DE PRAKTIJK

De in theorie gecontroleerde schakeling gaan we praktisch uitproberen. Om later in deze les bij het foutzoeken fouten te kunnen aanbrengen, is het gewenst dat uw leraar weet hoe de schakeling op het paneel gerealiseerd is.
We geven daarom een bedradingsschema dat u precies zo moet uitvoeren.

We merken op dat de schakeling die u gaat bouwen in enkele opzichten afwijkt van de werkelijk gebruikte.

- Voeding en 1 Hz generator zijn geen onderdelen van het systeem. U gebruikt daarvoor de generator- en de voedingsmodul.

- Als weergevers gebruikt u lampjes die aan een zijde met + zijn doorverbonden. Als uitgangstrap is dan ook een wel-inverterende versterker gebruikt. Dit in tegenstelling tot het hotelsysteem, waarin van niet-inverterende versterkers gebruik is gemaakt.

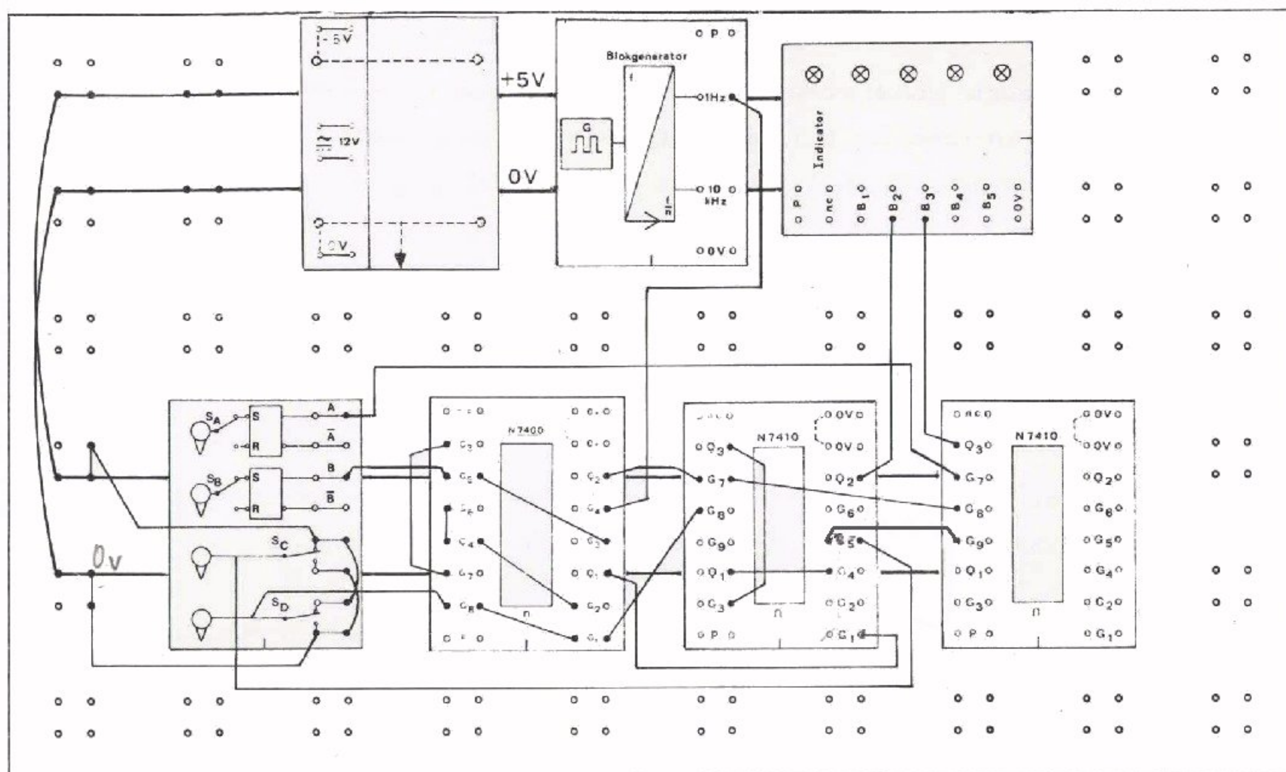
- De schakelaars zijn zodanig gemonteerd, dat ze of een "0" of een "1" doorgeven. Zwevende punten komen dus niet voor.

- Bouw de schakeling op uw paneel volgens het bedradingsschema van blad D33.14

- Controleer de schakeling met behulp van volgende functie-tabel.

S_1	S_2	S_{1-1}	S_{3-1}	H_{1-1}	H_{2-1}	
1	1	1	0			kamer wordt
1	1	1	1			kamer
1	1	0	1			kamer
1	1	0	0			kamer wordt
1	1	0	1			kamer
1	1	1	1			kamer
1	1	1	0			kamer wordt
0	1	0	1			lampentest
1	0	0	1			

Breek de schakeling niet af.


+5V
0V
12V
Blokgenerator
1Hz
10 kHz
0V
Indicator
B1
B2
B3
B4
B5
N7400
N7410
N7410
SA
SB
SC
SD
A
B
0v

FOUTZOEKEN

Het opsporen van fouten is een tijdrovende bezigheid. Het verdient aanbeveling eerst naar de meest voorkomende fouten te zoeken.
Dit levert de grootste tijdwinst op. Daarom eerst iets over de soorten fouten die men kan verwachten.

Fouten in systemen die nog niet gewerkt hebben, kunnen zijn:
- ontwerpfouten,
- montagefouten,
- defecten in de gebruikte componenten of materialen.

Het systematisch zoeken naar dit soort fouten is erg ingewikkeld. Het vereist veel kennis en ervaring.

- Niet gemaakte uitwendige verbindingen zoals:
- vergeten aansluiting op de netvoeding,
- vergeten aansluiting met de 0 volt-leiding
- vergeten aansluiting met een opnemer
- vergeten aansluiting met een weergever

- In de montage ontstane fouten, zoals:
- slechte soldeer- of wire wrap-contacten
- kortsluiting tussen verbindingen.

Fouten in systemen die al goed gewerkt hebben. Deze beperken zich doorgaans tot:
- defect geraakte verbindingen of onderdelen, zoals:
- defecte smeltveiligheden
- print-spoor-onderbreking
- onderbroken draad-verbinding
- onderbroken weerstanden
- onderbroken of kortgesloten condensators
- onderbroken of kortgesloten verbinding door defecte transistor of diode.
- doorgebrande indicatie-lampjes.

- omgevingsinvloeden, zoals:
- afwijkende voedingsspanningen
- te hoge omgevingstemperatuur
- van "buiten" komende storingen.

Het foutzoeken in systemen die reeds goed gewerkt hebben dient als basis voor het ingewikkelder foutzoeken in systemen die nog niet gewerkt hebben.
Wij beperken ons in deze les tot het eerste.

BENODIGDE HULPMIDDELEN EN INSTRUMENTEN

Alvorens tot foutzoeken kan worden overgegaan moet gezorgd worden dat het juiste gereedschap en de juiste hulpmiddelen en instrumenten voorhanden zijn.
We geven een opsomming van deze benodigdheden, zo nodig met toelichting wanneer ze wel en wanneer ze niet bij de hand moeten zijn.

HANDGEREEDSCHAP

- Soldeerbout.
  Bij het lossolderen van componenten die op een printplaat gesoldeerd zijn is het dikwijls noodzakelijk een zogenaamde *zuigbout* ter beschikking te hebben. Dit is een soldeerbout waarmee het vloeibaar geworden soldeertin van de soldeerplaats weggezogen kan worden
- Pincet.
- Kniptang.
- Plattang.

MEETINSTRUMENTEN

- Een universeelmeter.
- Een oscilloscoop.
  Deze is bijvoorbeeld nodig als in het systeem wisselspanningen met hoge frequenties voorkomen.
- Een blokspanningsgenerator.
  Deze is nodig om de spanningen die gewoonlijk van een opnemer komen te kunnen nabootsen.

ANDERE BENODIGDHEDEN

- Snoertjes en schakelaars.
  Vanzelfsprekend moet hiervan een voldoend groot aantal aanwezig zijn.
- LED, voorafgegaan door een versterker.
  Een voorbeeld hiervan is de indicatormodul. Als een 1 wordt toegevoerd, lichten de LED's op. Als de toestanden in een systeem stabiel zijn, of slechts in een lage frequentie wisselen, zijn deze LED's als meetinstrument te gebruiken. Bij aanwezigheid van meerdere LED's kunnen meerdere punten in het systeem gelijktijdig bekeken worden.

- Verlengpanelen.
  Zoals al in de voorgaande les is opgemerkt, zijn dit vaak onmisbare hulpmiddelen bij metingen aan een systeem dat in een rek is gemonteerd.
  Bij grote systemen met meerdere dezelfde kaarten is het wenselijk een of meer van deze kaarten in reserve te hebben.
- Documentatie.
  Weliswaar de laatste, maar vast niet de minst belangrijke van alle hulpmiddelen is de documentatie. Deze bestaat uit: een of meerdere schema's, bedradingslijsten en een beschrijving van de functie van het apparaat.
  Deze functie kan eventueel blijken uit functietabellen en/of waarheidstabellen.

REGELS VOOR HET OPSPOREN VAN EEN FOUT

In de praktijk is gebleken, dat 80 à 90% van de fouten buiten het informatie-verwerkend deel van het systeem moeten worden gezocht. Het is daarom van belang dat bij het opsporen van een fout de volgende regels in de gegeven volgorde worden afgewerkt totdat de fout gevonden is.

- Controleer of de netspanning aanwezig is en of hij de juiste grootte heeft.
- Controleer of de netspanning op het apparaat is aangesloten en of het apparaat is ingeschakeld.
- Controleer of de smeltveiligheden aanwezig en intact zijn.
- Controleer of pluggen en connectors goed zijn aangesloten en contact maken.
- Controleer of de voedingsspanningen van het apparaat aanwezig zijn en de juiste grootte hebben. Voor de NOR's 12 V ± 0,6 V en voor de IC's 5 V ± 0,25 V.
- Controleer of de opnemers en weergevens aanwezig zijn en juist zijn aangesloten.

In slechts 10 à 20% van de gevallen blijkt de fout in de logica voor te komen. Hierin zitten zoveel componenten die defect kunnen zijn, dat controle hiervan een praktische onmogelijkheid is. Zeker als in het systeem 10 of meer kaarten voorkomen.

Alvorens met behulp van waarheids- of functie-tabellen stap voor stap het hele systeem te doorlopen, is het nuttig om:

- kaarten waarvoor reserves aanwezig zijn een voor een te vervangen, of eventueel
- gelijke kaarten in het systeem van plaats te verwisselen.

Als de fout daardoor in een andere fout overgaat hebt u daarmee snel een mogelijk defecte kaart opgespoord.

Als stap voor stap doorwerken van het systeem noodzakelijk is moet men erg voorzichtig te werk gaan! Het gebeurt namelijk nogal eens dat met een meetpen een kortstondige kortsluiting wordt veroorzaakt. Hierdoor ontstaan dan nieuwe fouten die het opsporen van de oorspronkelijke fout aanmerkelijk bemoeilijken.

Bij het stap voor stap doorwerken wordt meestal *achteraan* begonnen.

Van achter naar voren werkend, wordt per blok gecontroleerd of de aanwezige uitgangstoestand in overeenstemming is met de aanwezige ingangstoestanden.

Men begint achteraan omdat een defecte functie vaak een verkeerde belasting vormt voor de voorafgaande functie. Als men achteraan begint en naar voren werkt blijkt het eenvoudiger om met zekerheid te zeggen of een functie defect is of door een defecte funtie wordt voorafgegaan.

NA HET VINDEN VAN DE FOUT

Het eenvoudigweg alleen maar verhelpen van de fout is meestal onvoldoende. Een fout ontstaat namelijk niet zo maar. Het is dan ook nodig dat de oorzaak van het ontstaan van de fout wordt opgespoord. Deze oorzaak moet ook worden weggenomen omdat anders de fout naderhand opnieuwe kan ontstaan.

Voorbeeld

Van een apparaat is een smeltveiligheid defect. Na het vervangen van de smeltveiligheid werkt het apparaat weer feilloos. Na twee dagen raakte de smeltveiligheid opnieuw defect.
Wat was het geval?
Een klein draadje dat tijdens de montage van een component was afgeknipt, was tussen deze componenten terecht gekomen. Af en toe (bij trillen, schudden of stoten van het apparaat) ontstond even een kortsluiting. In zo'n geval kan het zelfs voorkomen dat de tweede keer een geheel andere fout ontstaat.

Uit dit voorbeeld blijkt dat het wegnemen van de foutenoorzaak noodzakelijk is om opnieuw defect raken naderhand te voorkomen.

Is een fouten-oorzaak niet direct aanwijsbaar, dan kan dit het gevolg zijn van verkeerd ontwerp van het systeem. Dit blijkt vaak pas nadat een groot aantal fouten is opgetreden. Het is daarom van belang bij onderhoud aan grote systemen nauwkeurig aantekening te houden van de optredende fouten. De fabrikant of ontwerper van het systeem kan met zo'n "boekhouding" vaak een ontwerpfout achterhalen.

OPDRACHT

Als praktische oefening gaat u vervolgens een fout opsporen en verhelpen in het systeem, waarvan u een stukje op het paneel hebt gebouwd.

- Vraag uw leraar een fout aan te brengen.
  Hij doet dit in de modul of de bedrading.
  U wordt verzocht om "sportief" aan deze oefening mee te werken en niet in de modul te gaan kijken.

- Op volgend blad is door middel van vragen aangegeven in welke volgorde u de achtereenvolgende handelingen moet verrichten.
  Beantwoord de vragen totdat u de fout gevonden hebt.

VRAGENLIJST FOUTZOEKEN

	1e	2e
- Is de netspanning aanwezig?		
- Bedraagt de netspanning 220 V ± 10%?		
- Is de netspanning aangesloten?		
- Is het voedingsapparaat (PE1509) ingeschakeld?		
- Zijn de smeltveiligheden aanwezig en intact?		
- Zijn pluggen en connectors goed aangesloten en maken zij contact?		
- Is de voedingsspanning voor de NOR's aanwezig + 12 V?		
of Is de voedingsspanning voor de IC's aanwezig + 5 V?		
- Zijn de opnemers aanwezig? (Schakelaars en generators).		
- Zijn zij goed verbonden?		
- Zijn de weergevers aanwezig (lampjes met voorafgaande versterkers)?		
- Zijn deze goed verbonden? (Controleer of ze functioneren).		

- Controleer achtereenvolgens de functies 8, 7, 6, 5, enz.
  Zorg dat u hierbij zoveel mogelijk verschillende ingangstoestanden krijgt door schakelaars om te zetten.

Hebt u de fout gevonden, geef dan hieronder aan welke fout het was en hoe u de oorzaak hebt weggenomen.

- Vraag de leraar om een nieuwe fout aan te brengen.
- Spoor ook deze systematisch op.
- Vermeld de fout hieronder en vertel hoe u de oorzaak hebt weggenomen.

SAMENVATTING

- De montage en het systematisch bedraden is in de vorige les besproken aan de hand van een hotelsysteem-voorbeeld.

- In deze les is het systematisch fout-zoeken beoefend aan de hand van hetzelfde hotelsysteem-voorbeeld.

- Benodigde hulpmiddelen zijn:
  Handgereedschap.
  - Soldeerbout.
  - Pincet.
  - Plattang.
  - Kniptang.

  Meetinstrumenten.
  - Universeelmeter.
  - Oscilloscoop.
  - Blokspanningsgenerator.

  Andere benodigdheden.
  - Snoertjes en schakelaars.
  - Documentatie.
  - Verlengpanelen.

- Alvorens het foutzoeken te beginnen is het nodig na te gaan hoe een systeem moet werken. Hierbij zijn vooral waarheids- en functietabellen uit de documentatie van nut.

- Bedenk: 80 à 90% van de fouten treden *buiten* het informatie-verwerkende deel op!

- REGELS VOOR HET OPSPOREN VAN FOUTEN

  - Controleer *uitwendig* of alles in orde is, zoals: aanwezigheid en grootte van netspanning, aansluiting van diverse pluggen en connectors, aanwezigheid en juiste aansluitingen van opnemer(s) en weergever(s), aanwezigheid en grootte van voedingsspanning(en), aanwezigheid en heel zijn van smeltveiligheden.

  - Blijkt de fout niet uitwendig, maar *inwendig* op te treden, tracht hem dan eerst te lokaliseren door óf diverse kaarten stuk voor stuk door een nieuwe te vervangen, óf gelijke kaarten te verwisselen.
    Moet het systeem stap voor stap doorgenomen worden, werk dan van achteren naar voren.

  - Is de fout gevonden, tracht dan ook zijn *oorzaak* op te sporen en zo mogelijk onschadelijk te maken. Noteer elke gevonden fout en de daarna genomen maatregelen.

- Men kan onderscheiden:
  - Fouten in systemen die reeds goed gewerkt hebben.
  - Fouten in systemen die nog niet goed gewerkt hebben.

- Fouten in systemen die reeds goed gewerkt hebben zijn:
  - Niet gemaakte uitwendige verbindingen.
  - Omgevingsinvloeden (afeijkende voedingsspanningen, te hoge temperatuur, van buiten komende storingen).
  - In montage ontstane fouten.
  - Defect geraakte verbindingen of onderdelen.

- Fouten in systemen die nog niet goed gewerkt hebben zijn:
  - Ontwerpfouten.
  - Montagefouten.
  - Defecten in componenten of materialen.

D 34 HERHALING METEN

INLEIDING

In tegenstelling tot alle voorafgaande lessen is dit een les waar alle aandacht gereserveerd is voor het *opbouwen* van een schakeling met de dubbelstraaloscilloscoop.

Voordat u begint met het opbouwen van een schakeling moet u eerst controleren of alle modullen die u gaat gebruiken goed functioneren!

- Een NAND waar op de ingangen geen spanningen zijn aangesloten heeft ingangen op "1"-niveau en een uitgang op "0"-niveau.

JK-flip flop controle verloopt als volgt:

- Voer uitgangen Q_1 en Q_2 toe aan B_1 en B_2 van de indicatormodul.
- Voer aan de T-ingang de klokimpuls van de 1 Hz generator toe.
- B_1 en B_2 moeten nu afwisselend "1" en "0" worden.
- Door S_1 aan "0" te leggen wordt onmiddelijk B_1 = 1. Setten.
- Door S_2 aan "0" te leggen wordt onmiddelijk B_1 = 0. Resetten.
- Door een der K-ingangen "0" te maken wordt bij de eerstvolgende klokimpuls B_2 = 0 en blijkt "0" zolang K = 0.
- Door een der J-ingangen "0" te maken wordt bij de eerstvolgende klokimpuls B_1 = 0 en blijft "0" zolang J = 0.

Teller-controle verloopt als volgt:

- Verbindt de uitgangen van de teller met de indicatormodul.
- Voer op de T-ingang een blokspanning met frequentie 1 Hz toe.
- Controleer of de lampjes de binaire getallen 0 t/m 9 (0 t/m 1001) weergeven.

Decoder-controle verloopt als volgt:

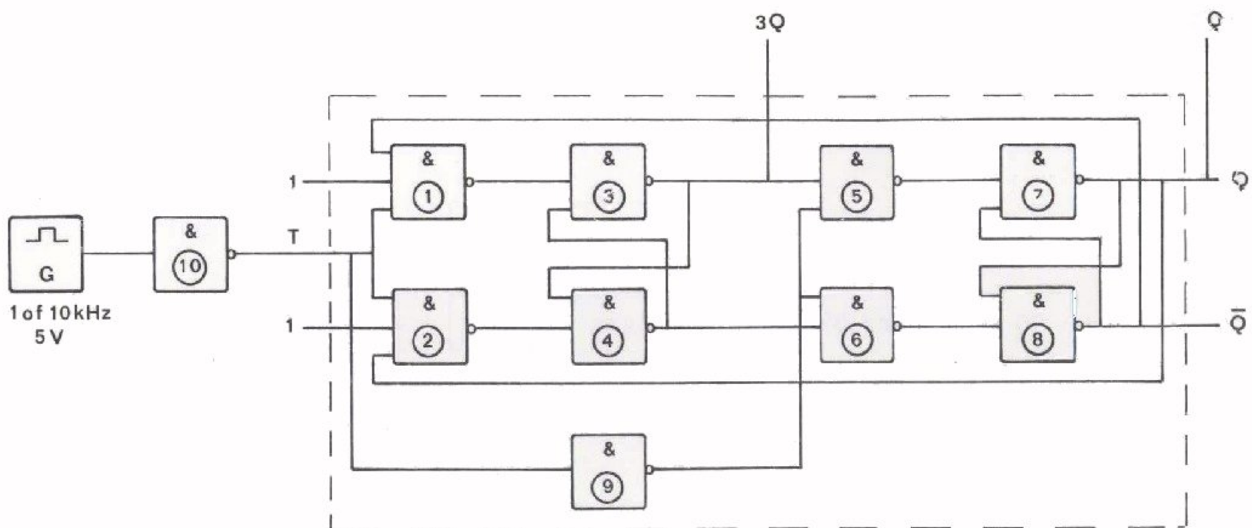
- Sluit Q_1, Q_2, Q_4 en Q_8 van de teller aan op respectievelijk A, B, C en D van de decoder van het 13-segment display.
- Sluit op ingang T van de teller een blokspanning met een frequentie van 1 Hz aan.
- Het 13-segment display moet nu achtereenvolgens de cijfers 0 t/m 9 weergeven.

De NOR-functies hebben in de toestand zonder extern aangesloten spanningen ingangen op "0"-niveau en uitgangen op "1"-niveau.

De timer-unit kan niet worden getest zonder aan de ingang een spanningssprong toe te voeren.

Ga bij het opbouwen zorgvuldig te werk.
Geef in het schema met potlood aan welke verbindingen u hebt aangebracht.

DE JK-FLIP FLOP



- Bouw bovenstaande schakeling op uw paneel.
  Gebruik hiervoor twee NAND-modullen N7400 en twee NAND-modullen N7410.

- Voer met een blokspanningsgenerator symmetrische klokimpulsen toe van 1 of 10 kHz.

- Voer het kloksignaal T aan het Y_A-kanaal en signaal 3Q aan het Y_B-kanaal van een dubbelstraaloscilloscoop toe. Zorg ervoor dat T circa één cm. hoog te zien is op de bovenste helft van het scherm. Verder 3Q circa één cm. hoog op de onderste helft van het scherm. Er moeten ruim 2 perioden zichtbaar zijn.

De oscilloscoop staat nu ingesteld op: [ ] ms/cm

[ ] V/cm

[x] MAGN.

- Teken op onderstaand grafiekenpapier de spanningen van T en 3Q als functie van de tijd.

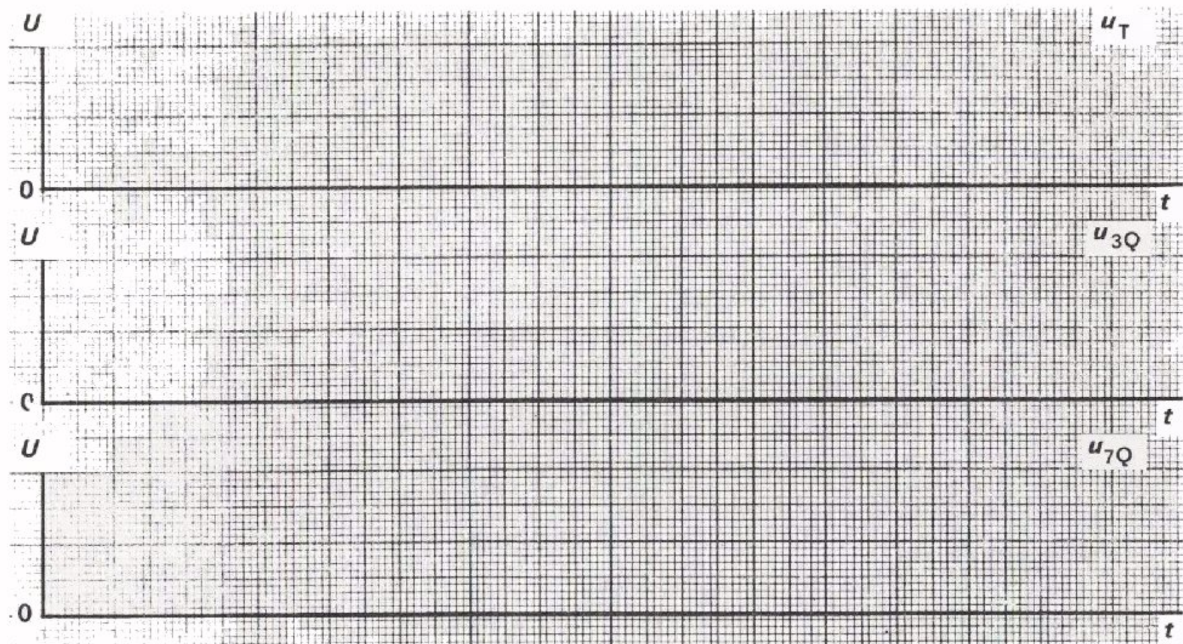
● Voer vervolgens 7Q i.p.v. 3Q toe aan het Y_B-kanaal.
Teken ook deze spanning op onderstaand grafiekenpapier.

- 3Q verandert bij het | begin / eind | van de klokimpulsen.

- 7Q verandert bij het | begin / eind | van de klokimpulsen.

OPMERKING:

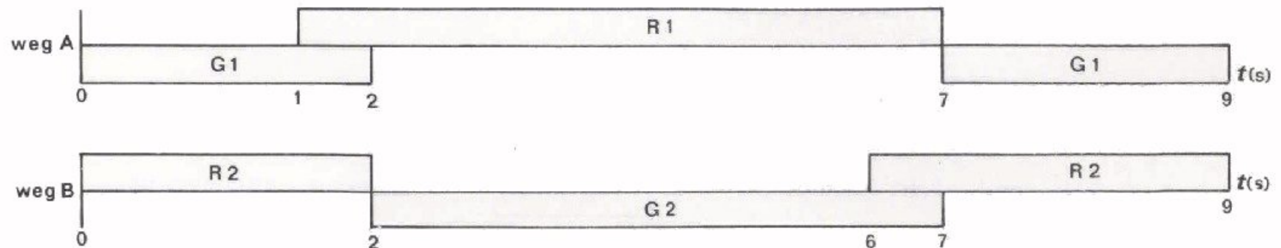
Om de signalen ten opzichte van elkaar te kunnen vergelijken, is het aan te bevelen de oscilloscoop extern te triggeren met de laagste frequentie. Wanneer u nu één van de signalen verwijdert blijft het andere signaal op de oscilloscoop zichtbaar.



VERKEERSLICHTEN-SYSTEEM

Hieronder staat een digitaal systeem getekend waarmede de lichten van een kruispunt te regelen zijn.

Het groene licht G1 en het rode licht R1 dienen voor weg A, licht G2 en licht R2 voor weg B die A kruist.



Er zijn hierbij géén oranje lichten: in plaats daarvan branden een groene- en een rode lamp tegelijkertijd.

- Bouw onderstaand schema op uw paneel.

N74160 N7410 N7427 N7400 N7402 N7476

B1 (G1) B2 (R1) B4 (G2) B5 (R2)

G is de blokgenerator-modul.

- Controleer of al de te gebruiken IC's goed zijn.
- Bouw eerst de schakeling van de blokken G en N74160.
- Controleer met de lampen van het paneel of de teller het goed doet.
- Bouw daarna de rest van de schakeling.
- Ga na of de schakeling goed werkt.

- Elk groen licht brandt [ ] seconde per cyclus.
- Elk rood licht brandt [ ] seconde per cyclus.
- Een stel groene- en rode lichten branden tegelijk [ ] seconde per cyclus.

- Vul onderstaande tabel van de decodeerschakeling in.

moment	4Q	3Q	2Q	1Q	Aan- of uitgaan van de lampen
1					
2					
7					
9					

- Verander de schakeling zodanig, dat R_1 en G_1 tegelijkertijd 2 s achter elkaar branden in plaats van 1 s.
- Wat kunt u doen om de cyclus 20 s te laten duren i.p.v. 10 s?

D 35

H E R H A L I N G

In deze les herhalen wij het laatste deel uit de cursus digitale techniek.
We nemen de theorie van genoemde lessen door.
In de vorige les hebt u het meten reeds geoefend.
Beide herhalingen zijn nodig ter voorbereiding van de tests, waarmee dit deel van de digitale techniek besloten wordt.

We bespreken achtereenvolgens:

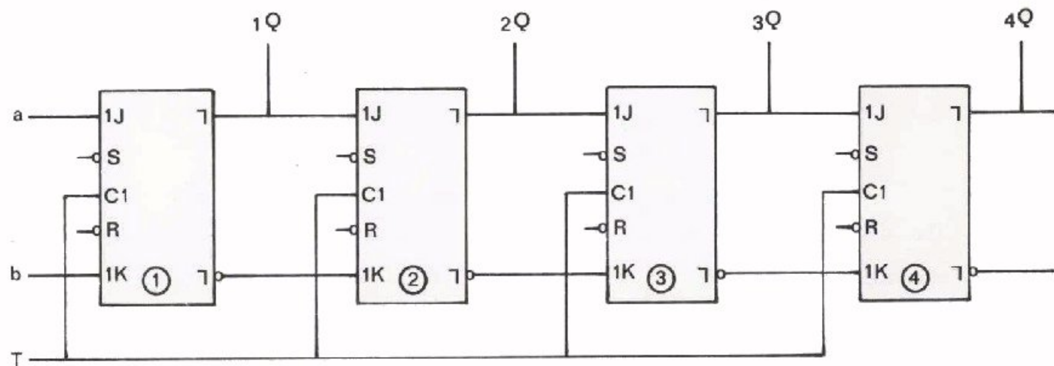
- Het elektronisch register als geheugenschakeling.
  Het schuifregister. Het in- en uitvoeren van informatie, parallel en in serie. Ringcounter en twisted ringcounter.
- Serie-afgifte van informatie.
  Multiplexer en combinatie van multiplexers. Cyclus-begrip.
  Volgorder-regelaars, zowel zonder als met terugmelding.
- Analoog-digitaal omzetting en digitaal-analoog omzetting.
  Superpositie-beginsel. Laddernetwerk. De prinicpes voor ADC en DAC.
- Uitgangstrappen.
- Communicatie tussen mens en elektronisch systeem.
  Vastleggen en weergeven ("display") van informatie.
- De invloed van stoorimpulsen op elektronische digitale systemen.
- Montage en bedrading van digitale systemen.
- Fouten vermijden en foutzoeken in elektronische digitale systemen.

In deze les worden genoemde onderwerpen in het kort herhaald.
Tevens bereiden we u door vragen en oefeningen voor op de test waaruit de volgende les bestaat.
Mocht u nog iets niet begrijpen, stel dan nu vragen hierover aan uw leraar.

REGISTERS

- Een register dient om informatie tijdelijk te bewaren. Het is een tijdelijk geheugen voor informatie.

- Voorbeeld van een binair elektronisch register dat is samengesteld uit 4 flip flop's.



De functietabel laat duidelijk zien dat de toegevoerde "enen" en "nullen" per klokimpuls een flip flop verder schuiven. Vandaar de naam *schuif-register*.

toestand na	1Q	2Q	3Q	4Q
	0	0	0	0
1e klokimpuls	1	0	0	0
2e klokimpuls	0	1	0	0
3e klokimpuls	1	0	1	0
4e klokimpuls	1	1	0	1

- Digitale informatie bestaat uit een aantal "nullen" en "enen", bijvoorbeeld 1101.

  Deze informatie kan men op twee manieren aan een register toevoeren:

  a. Men kan *na elkaar* de achtereenvolgende bits toevoeren. Men spreekt dan van *in serie* toevoeren. Dit geschiedt door aan de eerste flipflop achtereenvolgens 1, 0, 1 en 1 toe te voeren.

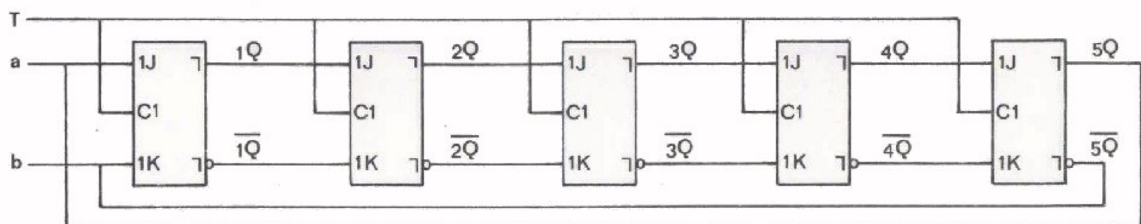
  b. Men kan *tegelijkertijd* al de bits toevoeren. Dan spreekt men van *parallel* toevoeren. Dit geschiedt via de S- en R-ingangen van alle flip flop's.

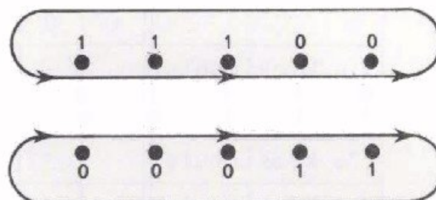
  In het register opgeslagen informatie kan men op twee manieren afgeven:

  a. In de eerste plaats *parallel* door tegelijkertijd de informatie van alle uitgangen 1Q, 2Q, 3Q en 4Q af te nemen. Hiervoor zijn dus 4 verbindingen nodig.

b. In de tweede plaats *in serie* door de informatie van alléén de laatste uitgang 4Q af te nemen en daarbij klokimpulsen aan T toe te voeren. Is bijvoorbeeld 1101 opgeslagen, dan zal bij het toevoeren van klokimpulsen deze informatie "het register uitschuiven". Daardoor is 4Q achtereenvolgens 1, 0, 1 en 1.

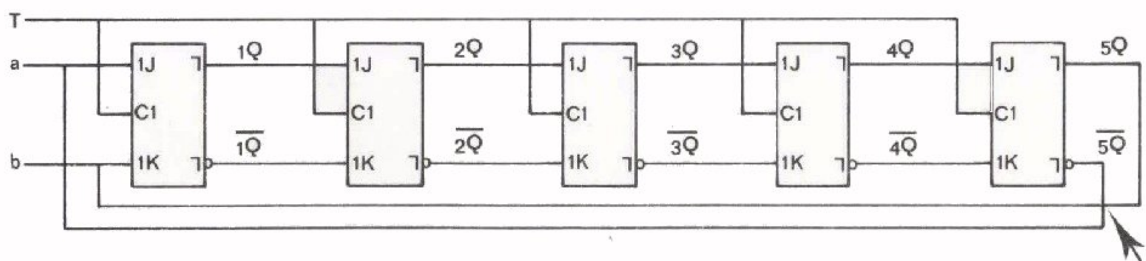
- Een *ringcounter* is een schuifregister, waarvan de uitgangen 5Q en $\overline{5Q}$ zijn doorverbonden met de ingangen a en b.

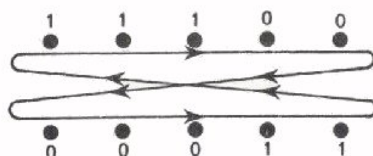




Bij de ringcounter komen de "enen" en "nullen" die door de klokimpulsen het register uit schuiven, er aan de ingang weer in.

- Een *twisted ringcounter* is een schuifregister, waarvan de uitgangen 5Q en $\overline{5Q}$ "getwist" zijn doorverbonden met de ingangen a en b.

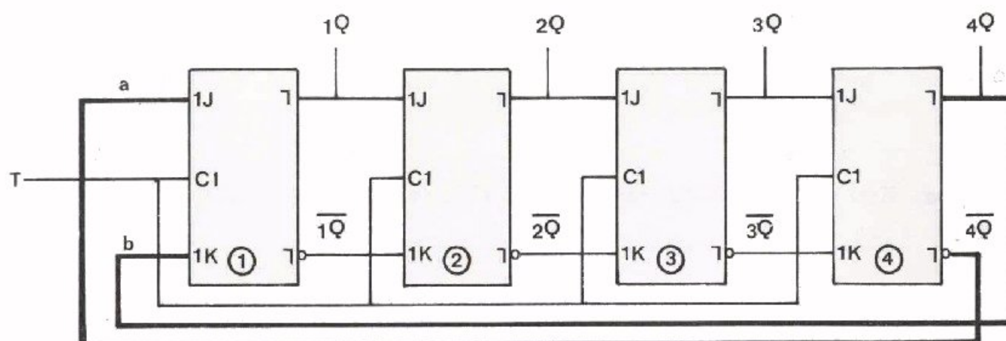




Bij de twisted ringcounter lopen de "nullen" en "enen" door het toevoeren van de klokimpulsen steeds in het rond zoals hiernaast is getekend.

TEST UZELF

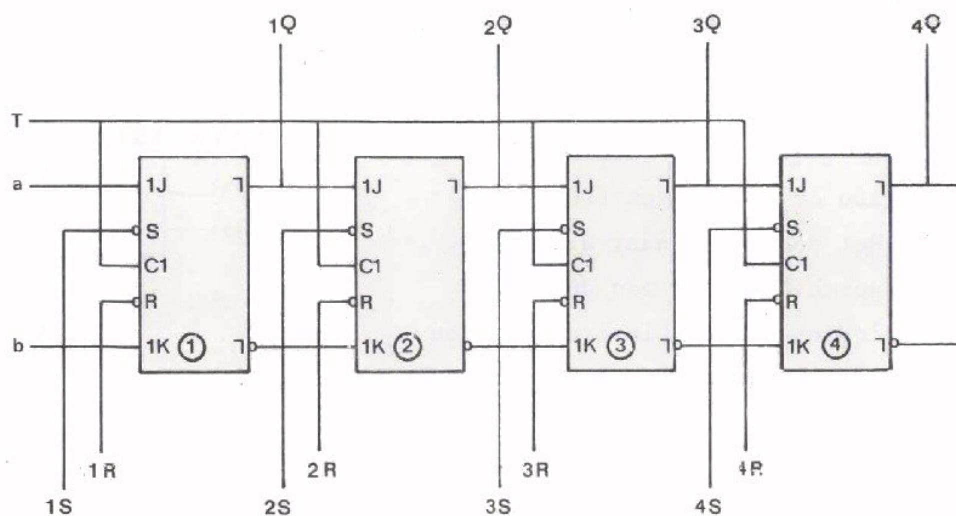
1. Onderstaande schakeling is een



Maak de functietabel van deze schakeling verder af.

toestand na:	1Q	2Q	3Q	4Q
	0	0	0	0
1e klokimpuls				
2e klokimpuls				
3e klokimpuls				
4e klokimpuls				
5e klokimpuls				
6e klokimpuls				
7e klokimpuls				
8e klokimpuls				

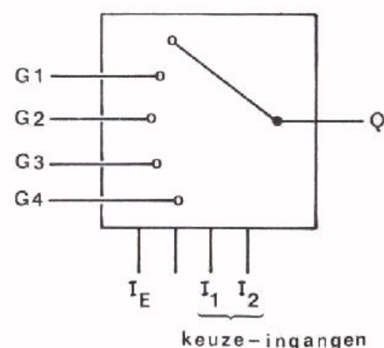
2. Maak de functietabel van onderstaande schakeling verder af.



1S	1R	2S	2R	3S	3R	4S	4R	T	1Q	2Q	3Q	4Q
1	0	1	0	0	1	0	1	0				
1	0	1	0	0	1	0	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				
1	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				
1	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				
1	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	0				

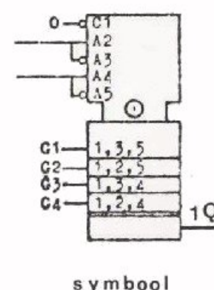
MULTIPLEXERS

- Een *multiplexer* dient om de op verschillende punten aanwezige binaire informatie *in serie* af te geven. Deze informatie wordt aan de G-ingangen toegevoerd. Het doorgeven naar uitgang Q geschiedt door aan de keuze-ingangen I de binaire getallen 00, 01, 10 en 11 toe te voeren. Bovendien moet de I_E-ingang de vereiste "0" verkrijgen.



- Hiernaast de functie-tabel van een multiplexer met vier G-ingangen. De bits "die er niets toe doen" (de "don't cares") zijn niet ingevuld.

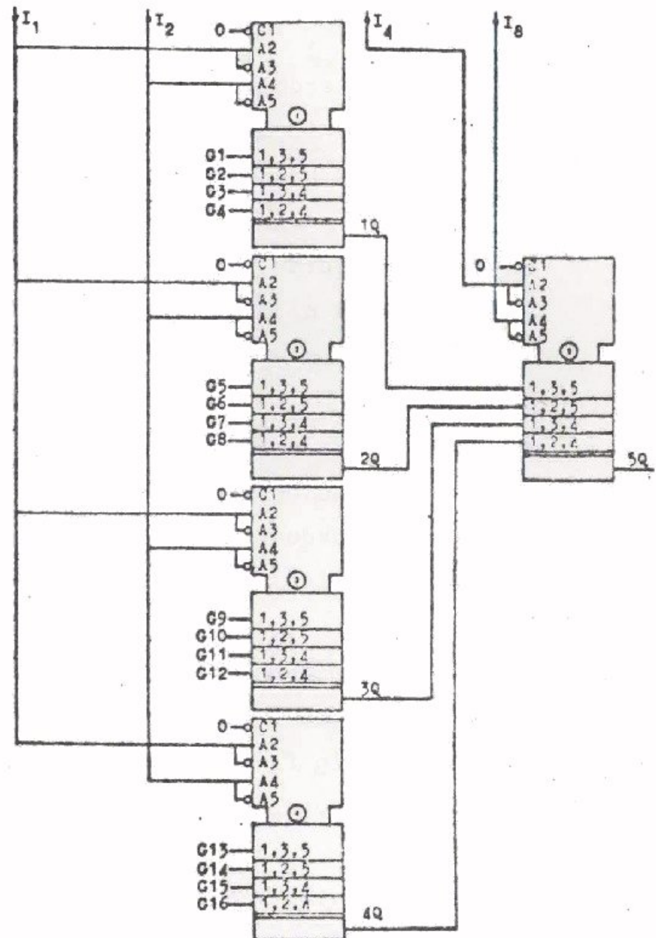
I_E	I_2	I_1	G_1	G_2	G_3	G_4	Q
1	0	0					0
0	0	0	0				0
0	0	0	1				1
0	0	1		0			0
0	0	1		1			1
0	1	0			0		0
0	1	0			1		1
0	1	1				0	0
0	1	1				1	1



symbool

- Door multiplexers te combineren zijn een groter aantal ingangssignalen in serie af te geven.

  De keuze-ingangen moeten door een binaire teller van signalen worden voorzien.
  Voor 2^n ingangen is een teller van n JK-flip flop's nodig.



VOLGORDE-REGELAARS

- Veel processen in de techniek bestaan uit een reeks handelingen, die al of niet in dezelfde volgorde steeds herhaald worden. Zo'n reeks handelingen noemt men een *cyclus*.

- Is de volgorde van de handelingen van een cyclus steeds dezelfde (daarbij worden *alle* handelingen telkens verricht) dan spreekt men van een *vaste cyclus*.

- Is de tijdsduur voor elk van de handelingen constant, dan spreekt men van een cyclus met *vaste cyclus-deeltijden*. Is de tijdsduur niet constant, dan heeft men te doen met *variabele cyclus-deeltijden*.

- Een *volgorde-regelaar* met *vaste cyclus* en *vaste cyclus-deeltijden* bestaat bijvoorbeeld uit een teller, die via een decodeerschakeling een aantal flip flop's bedient. Elke flip flop brengt de bij hem horende handeling op gang en stopt de handeling als deze volbracht is.

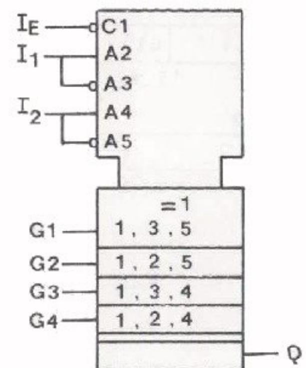
- Als de cyclus-deeltijden *variabel* zijn, dan dient er telkens *terugmelding* plaats te vinden dat een handeling voltooid is. In dat geval kan b.v. een teller vastleggen in welke volgorde de verschillende handelingen plaats vinden. Verder kunnen opnemers terugmelden dat de diverse handelingen beëindigd zijn, zodat de startsignalen voor de volgende handelingen gegeven kunnen worden.

- Een *vaste cyclustijd* wil zeggen dat de totaaltijd van de cyclus constant is.

TEST UZELF

1. Dit is het schema-symbool van een:

teller	O
schuifregister	O
multiplexer	O
decodeerschakeling	O



2. Een volgorderegelaar regelt een proces met *vaste cyclus* en *vaste cyclustijd*.
   Dit betekent:

   Dezelfde handelingen worden in dezelfde volgorde herhaald en van elke handeling is de tijdsduur telkens evengroot. O

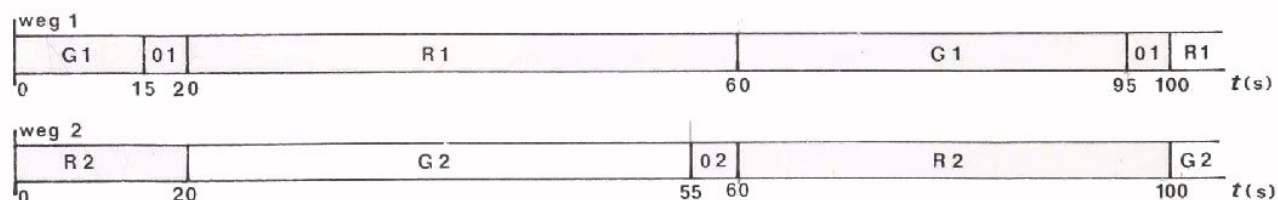
   Dezelfde handelingen worden in willekeurige volgorde herhaald en de totale tijdsduur van één reeks handelingen is steeds even groot. O

   Dezelfde handelingen worden steeds in dezelfde volgorde herhaald en de totale tijdsduur van één reeks handelingen is steeds even groot. O

   Dezelfde handelingen worden in willekeurige volgorde herhaald en van elke handeling is de tijdsduur telkens even groot. O

3. Bij een volgorde-regelaar is terugmelding nodig indien:
   - de cyclustijd contstant is, O
   - een of meer deeltijden constant zijn, O
   - een handeling niet mag beginnen voordat de vorige handeling afgelopen is, O
   - de volgorde van de handelingen altijd dezelfde is. O

4. De verkeerslichten voor een kruispunt moeten branden volgens onderstaande grafieken. De tijd is in seconde uitgezet.

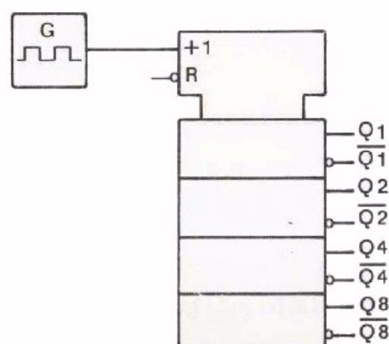


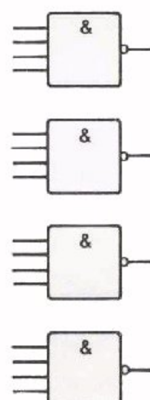
Een blokspanningsgenerator G dient een frequentie te hebben van [Hz]

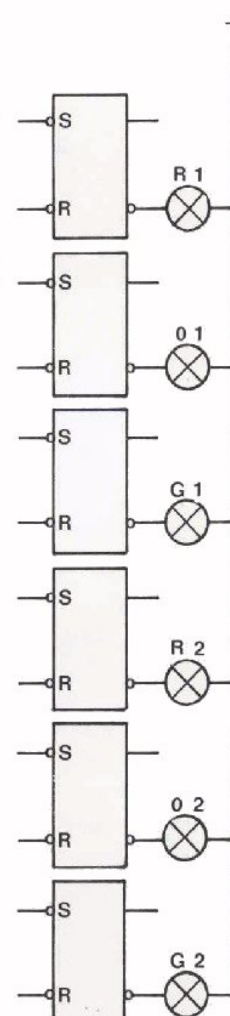
Vul onderstaande functietabel in.

Teken daarna het schema.

	Q8	Q4	Q2	Q1
na impulsen				
na impulsen				
na impulsen				
na impulsen				







De versterkertrappen tussen flip flop's en lampen zijn voor de eenvoud weggelaten.

- *Digitale* informatie kan een beperkt aantal gegeven waarden aannemen. Voorbeeld: het aantal ogen dat een opgegooide dobbelsteen weergeeft (1, 2, 3, 4, 5 of 6).

- *Analoge* informatie kan elke willekeurige waarde innemen tussen een minimum en een maximum in. Voorbeeld: de hoogte van de kwikkolom van een thermometer.

- Informatie wordt vaak verkregen met behulp van een *opnemer*. Voorbeeld van een opnemer die alleen digitale informatie verstrekt is een in een elektrisch circuit opgenomen schakelaar (bijv. reedcontacten: de schakelaar is óf gesloten, óf open). Voorbeeld van een opnemer die analoge informatie kan verstrekken is een microfoon. Zo'n opnemer kan ook digitale informatie verstrekken.

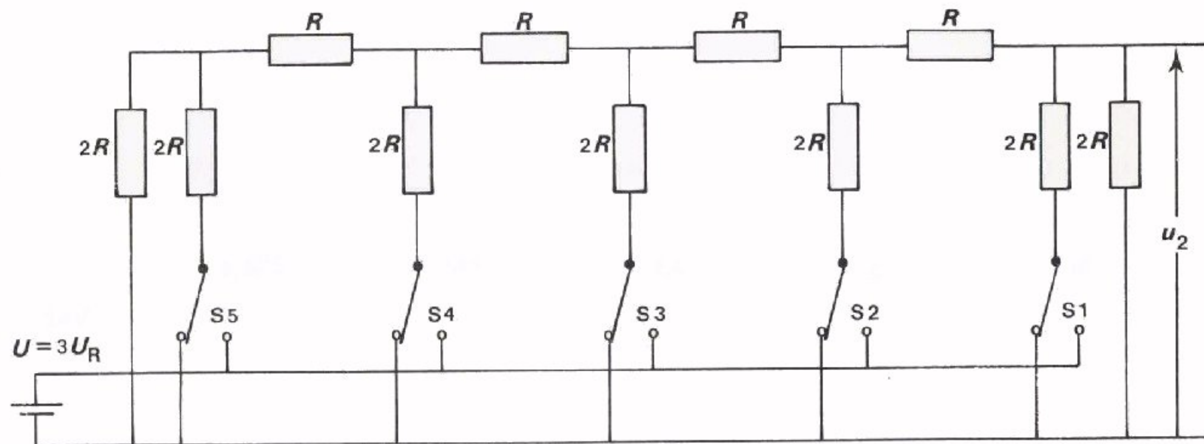
- De *verwerking* van analoge informatie moet met analoge schakelingen geschieden. Dit gebeurt bijvoorbeeld in een geluidsversterker. Digitale informatie kan met digitale schakelingen geschieden,zoals bijvoorbeeld in computers met NAND's, flip flop's, enz. Ook analoge schakelingen kunnen digitale informatie verwerken.

- Met behulp van *weergevers* kan men informatie waarneembaar maken. Een voorbeeld van een digitale weergever is een cijferbuis. Zo'n weergever kan alléén maar digitale informatie weergeven en geen analoge. Een voorbeeld van een analoge weergever is een draaispoelmeter. Behalve analoge informatie kan zo'n weergever ook digitale informatie weergeven.

- Onder *digitaal-analoog-conversie* of *DAC* verstaat men een aangeboden digitale informatie met een analoge weergever waarneembaar maken.

- Onder *analoog-digitaal-conversie* of *ADC* verstaat men een aangeboden analoge informatie digitaal benaderen en weergeven. Conversie is een ander woord voor "omvorming".

- DAC kan geschieden met behulp van het hieronder getekende ladder-netwerk. De bits "1" en "0" van de binair gegeven informatie laat men via flip flop's de schakelaars van het ladder-netwerk bedienen.
  Daardoor ontstaat aan de uitgang een spanning U_2 waarvan de grootte overeenkomt met het binaire gegeven. Deze spanning U_2 is met een analoge weergever waarneembaar te maken.



- De werking van het ladder-netwerk berust op het zogenaamde *superpositie-beginsel*.

  - Als alléén S_1 wordt omgezet, is alleen in deze 1e verticale tak een spanning werkzaam. Deze veroorzaakt $u_2 = U_R$.

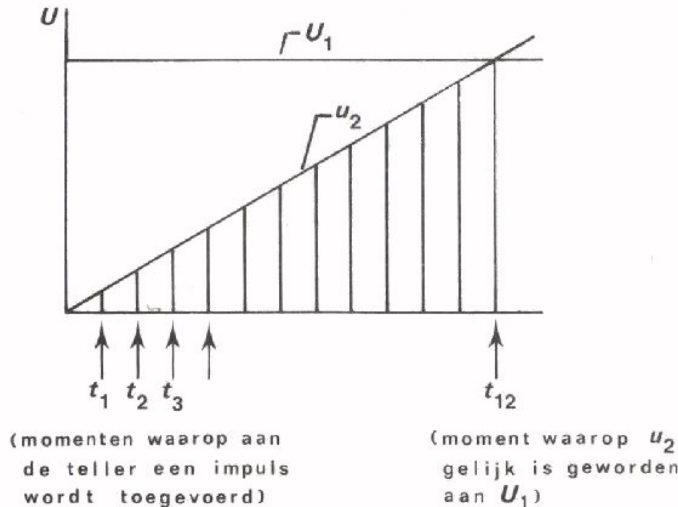
  - Als alléén S_2 wordt omgezet, is alleen in deze 2e verticale tak een spanning werkzaam. Deze veroorzaakt $u_2 = \frac{1}{2}\, U_R$.

  - Als zowel S_1 als S_2 worden omgezet, is zowel in de 1e als in de 2e verticale tak een spanning werkzaam. Volgens het superpositie-beginsel is u_2 nu gelijk aan de som van de vorige waarden:

    $u_2 = U_R + \frac{1}{2}\, U_R$.

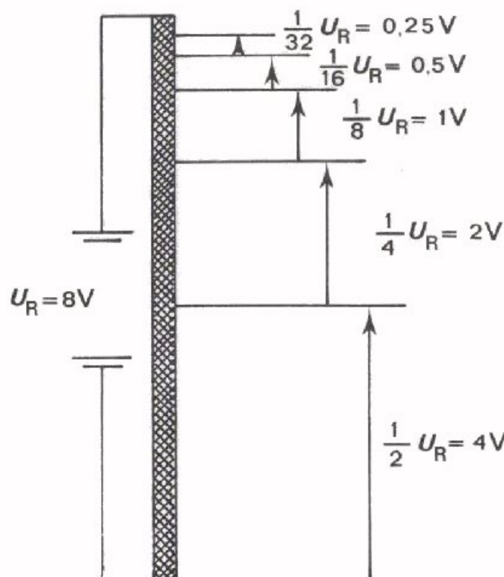
ADC kan in principe op twee manieren geschieden:

- De eerste manier komt overeen met het wegen met een groot aantal evenzware gewichtjes van bijvoorbeeld elk 1 gram.



Bij deze methode laat men een *lineair* aangroeiende spanning u_2 de analoog gegeven spanning U_1 zo goed mogelijk benaderen.
Tijdens het aangroeien van u_2 laat men een teller tellen, bijvoorbeeld elke 1 µs wordt 1 mV geteld.
Zodra u_2 gelijk is geworden aan de om te vormen spanning U_1 laat men de teller stoppen. Via een decodeerschakeling is de digitale uitkomst van het tellen dan af te lezen.

- De tweede manier komt overeen met het wegen met zogenaamde "binaire" gewichten. Deze wegen bijvoorbeeld 2^0 = 1 gr., 2^1 = 2 gr., 2^2 = 4 gr., 2^3 = 8 gr., enz.
Eerst kijkt men of de te wegen massa *m* zwaarder is dan het zwaarste binaire gewicht. Als dit het geval is, plaatst men het volgende binaire gewicht erbij en kijkt of *m* zwaarder is dan de 2 gewichten samen. Enz.
Op deze wijze vindt men de bits "1" of "0" van de binair geschreven waarden van massa *m*.



Bij deze methode geschiedt het aangroeien van de spanning u_2, die de te meten spanning U_1 moet vergelijken, *niet*-lineair.

Met een *ladder-netwerk* en een *referentie-spanning* beschikt men over

$\frac{1}{2} U_R$, $\frac{1}{4} U_R$, $\frac{1}{8} U_R$, enz.

Men begint na te gaan of U_1 groter is dan $\frac{1}{2}$ U_R. Zo ja, dan onderzoekt men daarna of U_1 groter is dan $(\frac{1}{2} + \frac{1}{4})$ U_R. Zo nee, dan gaat men vervolgens na of

$$U_1 \text{ groter is dan } (\frac{1}{2} + \frac{1}{8})\ U_R, \text{ enz.}$$

Op deze wijze vindt men de bits "1" of "0" van de binair geschreven spanning u_2, die de te meten spanning U_1 benadert.

- De tweede methode is sneller en kan nauwkeuriger zijn dan de eerste. De eerste methode is de eenvoudigste en de goedkoopste.

TEST UZELF

1. Van onderstaande stellingen wordt gevraagd aan te geven of ze "waar" of "niet waar" zijn.

	waar	niet waar
Analoog-digitaal conversie (ADC) is noodzakelijk om analoge informatie met een digitaal informatie verwerkend systeem te kunnen verwerken.	O	O
Digitaal-analoog conversie (DAC) is noodzakelijk om digitale informatie met een analoge versterker te kunnen verwerken.	O	O
Bij ADC volgens de 2^e methode wordt de nauwkeurigheid van de benadering bepaald door: - het aantal bits waarin de informatie wordt vastgelegd. - de nauwkeurigheid van de referentiespanning, - de nauwkeurigheid van de weerstanden van het toegepaste ladder-netwerk.	O	O
Bij DAC wordt de digitale informatie analoog verwerkbaar gemaakt.	O	O
Bij DAC gaat de digitale informatie verloren.	O	O
Bij ADC gaat de analoge informatie verloren.	O	O
Een ladder-netwerk kan zowel voor ADC als voor DAC gebruikt worden.	O	O

2. Bij ADC volgens de 1e methode wordt de nauwkeurigheid van de benadering bepaald door:

1^e

2^e

3^e

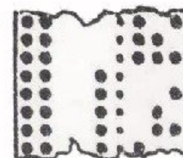
3. Gebruikt men bij conversie alléén het besproken laddernetwerk en de bediendende flip flop's, dan is er sprake van:

ADC / DAC

VASTLEGGEN EN WEERGEVEN

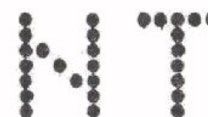
- Informatie is *vast te leggen*:

  - Op *ponsband*. Voor de karakters (letter, cijfer, leestekens) staan 5 + 3 = 8 bits ter beschikking. De ponsband is te "lezen" met behulp van aftastpennen, of met behulp van fotodioden. Een gat is een "1". Van de acht ter beschikking staande bits worden in de ASCII-code slechts zeven gebracht.



  - Op *ponskaarten*. Op elke kaart kunnen 80 karakters vastgelegd worden. Een cijfer met één ponsgat, een letter met twee ponsgaten.

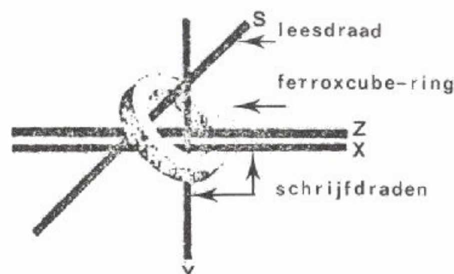
  - Door *direct leesbare uit punten opgebouwde karakters* op papier. De cijfers en letters zijn elk in een "5 x 7 matrix" aangebracht.



  - Op *magneetband*. Deze is voorzien van een magnetiseerbare deklaag of emulsie. Het magnetiseren gebeurt met behulp van een schrijfkop.

  - Op *magnetische schijven*. Ook deze zijn voorzien van een magnetiseerbare emulsie; de emulsie is te magnetiseren met een schrijfkop.

  - In een *ringkerngeheugen*. Dit is samengesteld uit kleine ferroxcube ringetjes, die te magnetiseren zijn met behulp van stroomvoerende draadjes die door het ringetje zijn gestoken.



- In *flip flop's*, waarvan er vele op één IC zijn aan te brengen.

● *Display* is het *zichtbaar weergeven* van informatie. Dit kan onder andere met:

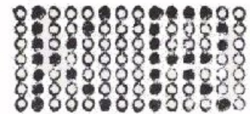
- *Cijferindicatorbuizen*.

- *Zeven segment-weergave*. De segmenten kunnen bestaan uit LED's, langwerpige lampjes of uit "vloeibare kristallen".



- *Lampjes* of LED's, die in een matrix zijn opgesteld van bijvoorbeeld 5 x 7.

- *Lichtkranen*. Deze zijn uit lange rijen lampen samengesteld, die elk door een schuifregister bediend worden.

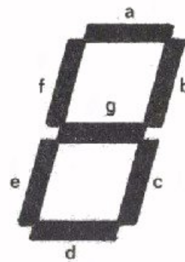


- *Kathodestraalbuis*. Deze kan de karakters weergeven met horizontale strepen.



TEST UZELF

1.



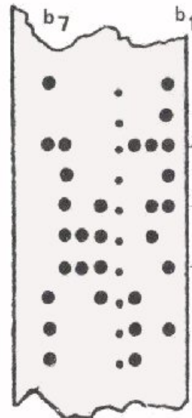
Dit is een zevental lampjes waarmee de cijfers 0 tot en met 9 kunnen worden weergegeven.

Als een lampje brandt geldt H = 1.

Stel de code op voor het cijfer 2 en het cijfer 7.

2 = [ ]   7 = [ ]

2.



Welke code staat op de met pijlen aangegeven rijen.
Let wel: de achtste kolom telt niet mee bij de codering.

3. Het braille-schrift voor blinden is samengesteld uit punten die in een 2 x 3 - matrix zijn aangebracht. Hoeveel karakters kan men met dit schrift weergeven?

4. Welke van de volgende geheugens kunnen met het menselijke oog "uitgelezen" worden?

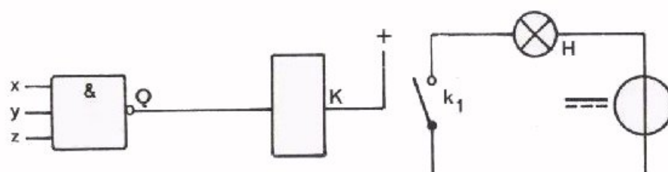
	wel	niet
Ponsband	●	○
Magneetband	○	●
Ringkern	○	●
Magneetschijf	○	●
Ponskaart	●	○
Flip flop's	○	●
Zeven-segment weergave	●	○
Katodestraalbuis	●	○

5. Van een ponsband gebruikt men alle 8 bits voor het vastleggen van karakters. Hoeveel karakters kan men dan weergeven?

UITGANGSTRAPPEN

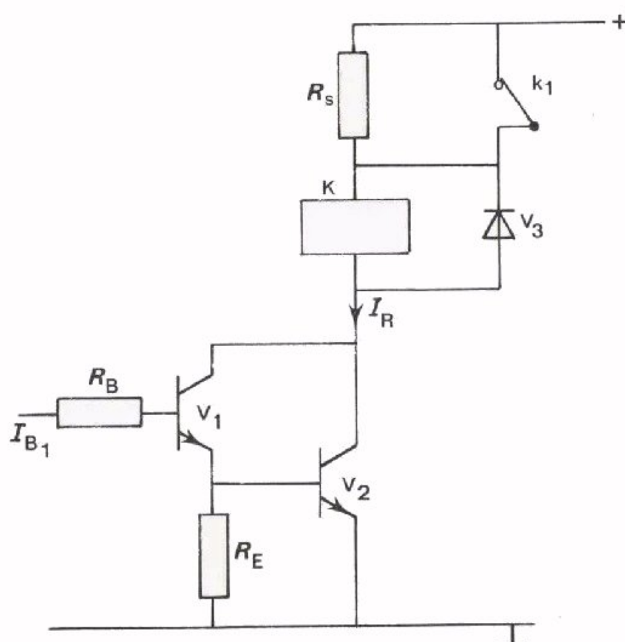
Een uitgangstrap is nodig tussen de digitale schakeling en het apparaat dat door deze schakeling wordt bediend.

Vaak wordt in een uitgangstrap een *relais* gebruikt. Een klein relais kan direct vanuit de digitale schakeling bekrachtigd worden.



Lampje H brandt als geen enkel van de ingangssignalen "0" is. H brandt op 6 V met I = 50 mA. De NAND-schakeling levert zelf de bekrachtigingsstroom voor relaisspoel K.

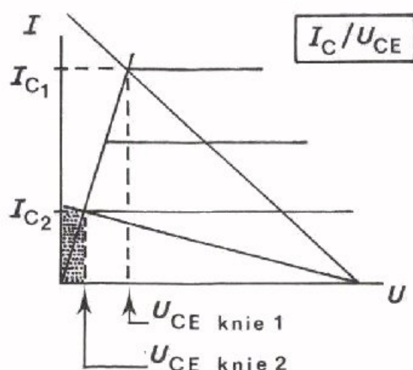
In veel gevallen zal de stroom die de digitale schakeling kan leveren niet groot genoeg zijn om het relais dat gebruikt wordt te bekrachtigen.
Dan worden een of meer transistors gebruikt voor versterking van de stroom.



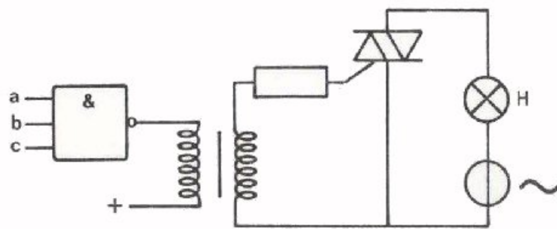
In het hier getekende voorbeeld met gelijke transistors V_1 en V_2 geldt:

$$I_R \approx (h_{FE})^2 \cdot I_{B1}$$

Bij h_{FE} = 70 en I_{B1} = 100 µA kan een bekrachtigingsstroom van $I_R \approx 4900.10^{-4}$ = 490 mA geleverd worden. We verwaarlozen daarbij de stroom door R_E.
Diode V_3 dient ter beveiliging van de transistors.



Een weerstand in serie met de relaisspoel geeft stroombesparing. De belastinglijn verloopt minder steil.
Een bijkomend voordeel is de verlaging van de kniespanning.



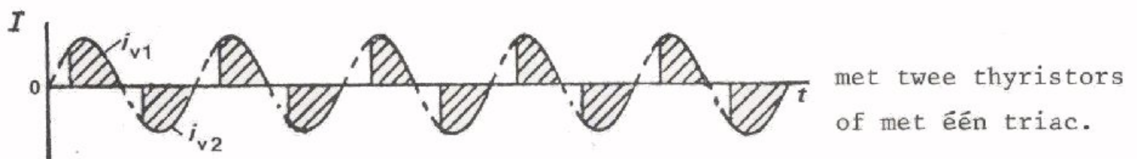
Ook de *thyristor* en de *triac* zijn geschikte componenten om in uitgangstrappen toe te passen. De digitale schakeling en de belasting worden dan galvanisch gescheiden door gebruik van een transformator. Dit om te vermijden dat de thyristor of triac de digitale schakeling stoort. Filtering van thyristor- en triac-schakelingen is trouwens in het algemeen noodzakelijk ter voorkoming van storing op andere schakelingen.

Vermogen-regeling is met thyristors of triacs op twee manieren mogelijk:

1. Met *fase-aansnijding*

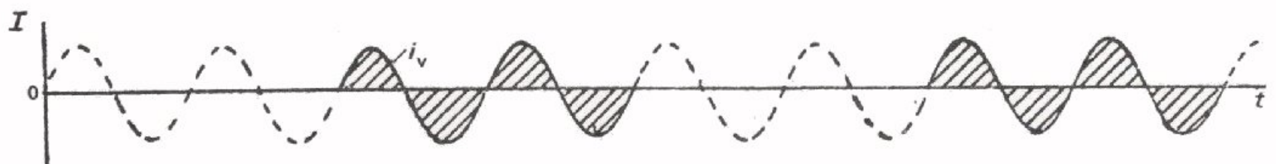


met één thyristor.



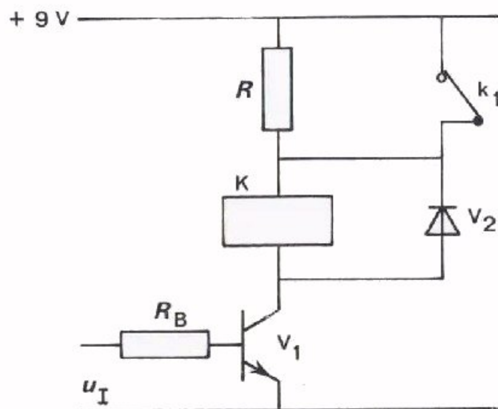
met twee thyristors of met één triac.

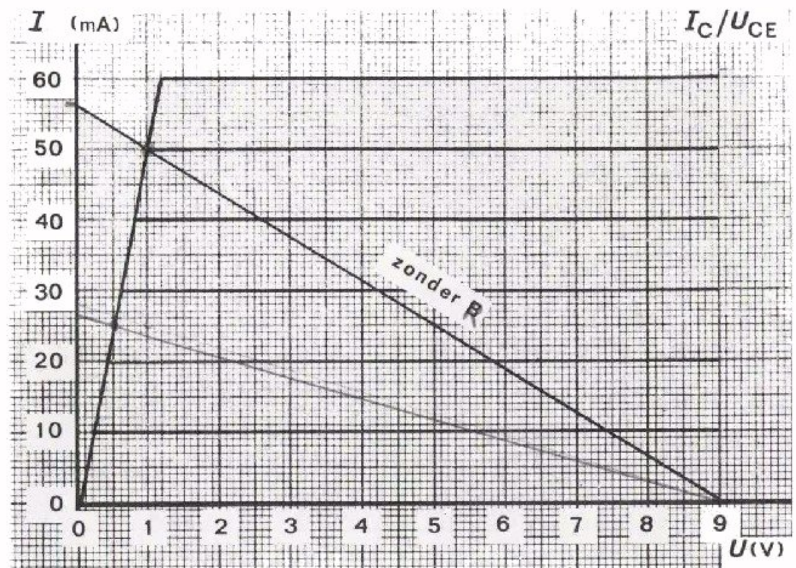
2. Door met behulp van een teller gedurende een *beperkt aantal hele perioden* de thyristors of de triac in geleiding te brengen.



TEST UZELF

1. Voor volgende stroomspaarschakeling is de belastinglijn getekend voor het geval dat weerstand *R* kortgesloten is.
   Beantwoord de hieronder gestelde vragen.





- Hoe groot is de weerstand van relaisspoel K? R_k =

- Hoe groot is het vermogen dat in de transistor V_1 wordt gedissipeerd als *R* kortgesloten is en V_1 in verzadiging gestuurd wordt?

  P_{V1} =

- Hoe groot moet *R* zijn om een stroombesparing van 50% te verkrijgen?

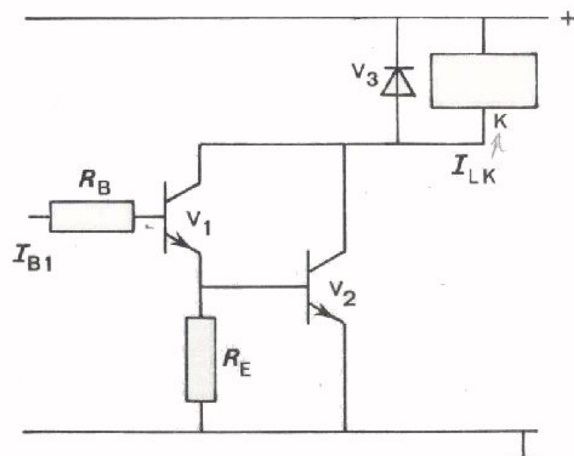
  R =

- Hoe groot wordt P_{V1} van de transistor in verzadiging als 50% stroombesparing is verkregen?

  P_{V1} =

- Bij welke verandering van u_I is de aanwezigheid van diode V_2 in dit schema van belang?

2.

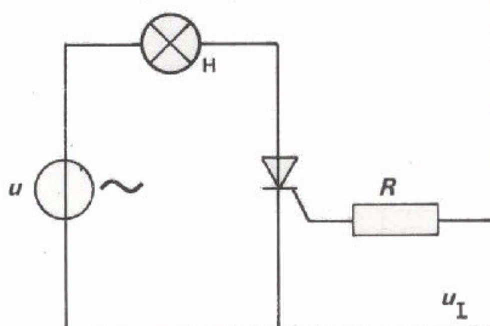


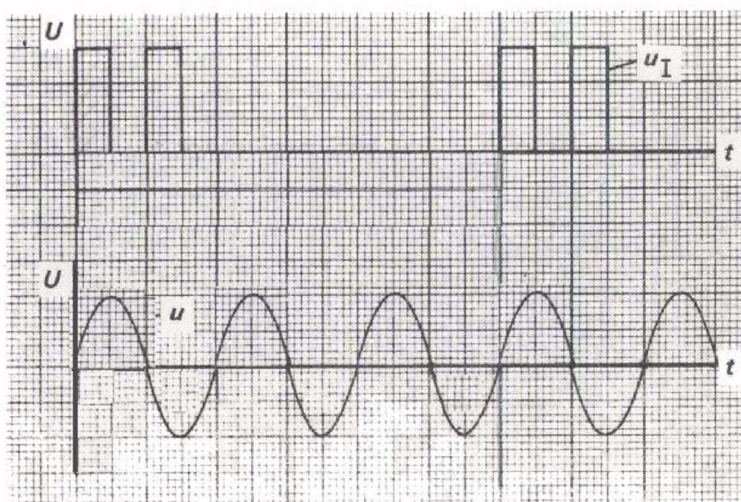
Veronderstel gelijke transistors. Hoe groot is dan ongeveer de stroomversterking.

$A_i = \frac{I_{LK}}{I_{B1}}$ in formule

$A_i \approx$ [ ]

3. Een 24 V - 120 W - lamp wordt via een thyristorschakeling geschakeld met een periodiek signaal zoals hieronder gegeven.





- Hoe groot is het vermogen dat door H wordt opgenomen?

$P_H =$ [ ]

● Storingsoorzaken en de te nemen maatregelen.

storingen			te nemen maatregelen
storingen van buiten	draadloze	capacitieve inductieve	goed geaarde metalen kast
	via bedrading komend	via netleiding via schakeldraden via opnemerdraden via weergeverdraden	- geaarde afscherming - storing onderdrukkende filters - geaarde afscherming tussen wikkelingen van voedingstransformator.
storingen van binnen	ongewenste vertragingen		toepassing klokimpulsen
	overspraak tussen leidingen		- korte bedrading - signaaldraden niet dicht bij elkaar parallel - signaaldraden niet dicht bij leidingen met grote wisselspanningen of stromen - draden niet onnodig bundelen - heen- en terugleidingen twisten - diverse systeemdelen apart houden - ingangsfilters dicht bij de kastwand
	verkeerde aardleidingen verkeerde nulleidingen		- centraal aardpunt (c.e.p.) toepassen - gemeenschappelijke stukken voedings-, aard- en nulleidingen vermijden

- Voor de storingsgevoeligheid is van belang:

  - De lage- en de hoge gelijkspanningsdrempel. De drempels zijn bepalend voor de maximaal toelaatbare stoorspanningen.
  - De snelheid van functies en schakelingen. Deze is bepalend voor het al of niet reageren op stoorimpulsen van korte duur.
  - De uitgangsweerstanden van de functies. Deze zijn mede bepalend voor het gemak waarmee een stoorspanning in een systeem kan ontstaan.

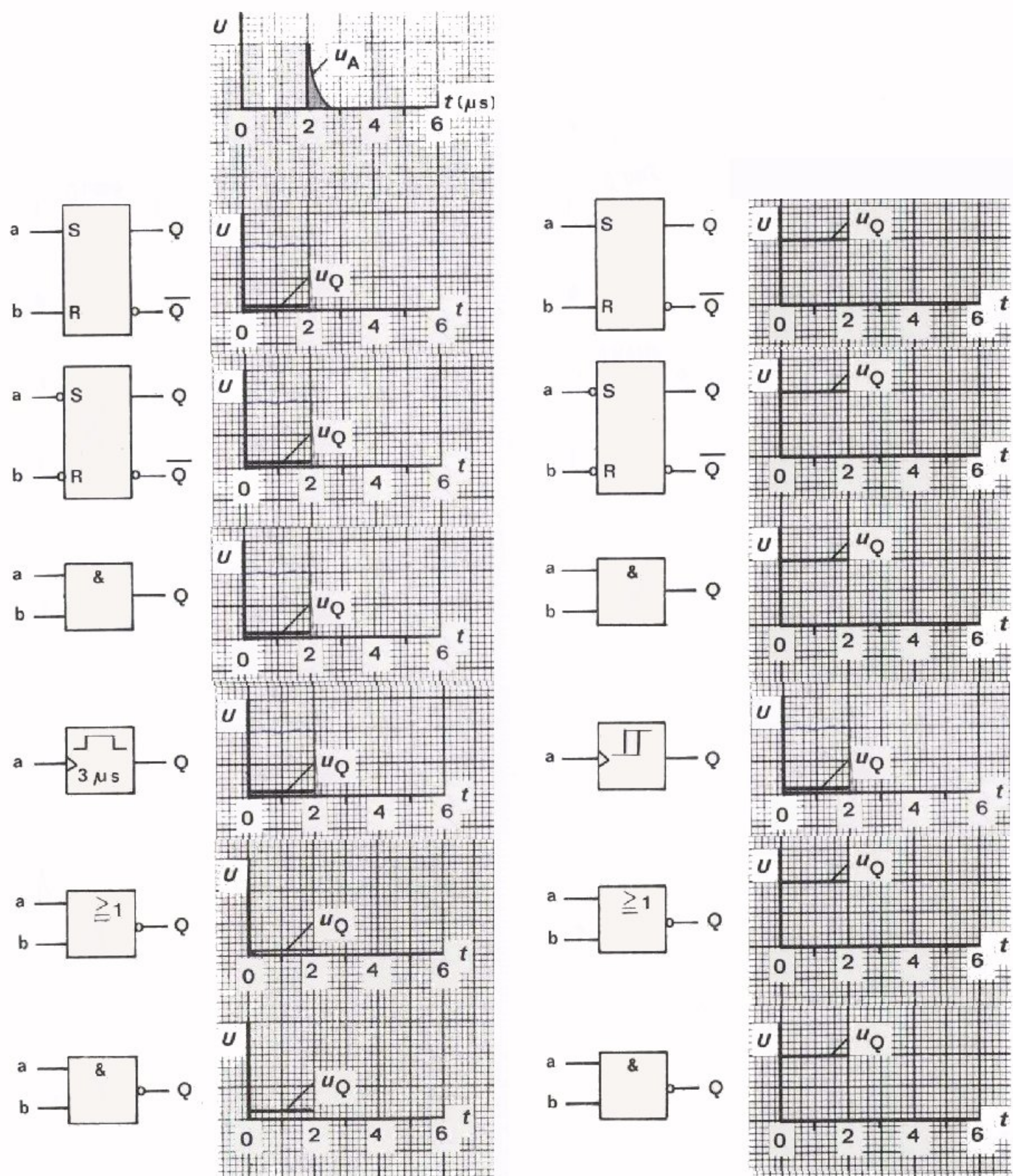
- Voorbeelden van storingsonderdrukking bij de storingsbron zelf:

  - In geval van onderbreken van *gelijk*stroom door inductieve belasting: diode over zelfinductie, *RC*-filter over zelfinductie of over schakelaar, VDR over zelfinductie of over schakelaar.
  - In geval van onderbreken van *wissel*stroom door inductieve belasting: *RC*-filter over zelfinductie of over schakelaar, VDR over zelfinductie of over schakelaar.
  - In geval van *gelijk*- hetzij *wissel*stroom inschakelen met thyristor of triac: *RC*-filter over schakelende halfgeleider, smoorspoel in serie met schakelende halfgeleider.
  - In alle gevallen: aarding of afscherming van de stoorbron zelf.

TEST UZELF

Aan verschillende functies wordt tegelijkertijd de storende spanningspiek u_I op de G_1-ingangen toegevoerd.
De eventuele G_2-ingang is telkens "zwevend" verondersteld.

- Vermeld bij elke zwevende G_2-ingang de toestand "0" of "1" die hij heeft.
- Zet een kruis door elke functie waarbij de veronderstelde begintoestand onmogelijk is.
- Schets de uitgangsspanningen die tijdens en na de storingspiek optreden.



- Printplaten maakt men van:
  - *pertinax* of *hardpapier*: goedkoop
  - *epoxyglasvezel* : sterk
    isoleert goed
    temperatuurbestendig.

- Uitvoering van printplaten:
  - sporen aan één kant; al of niet doorgemetalliseerde gaten
  - sporen aan twee zijden; gaten meestal doorgemetalliseerd
  - "multi-layer" of meerlaagsuitvoering.

- Alleen de *zware componenten*, zoals grote elco's en transformators, monteert men niet op prints.

- Heet wordende componenten, zoals vermogenstransistors, moeten op *afstand* gemonteerd worden.

- Soldeermethoden zijn:
  - met de hand solderen of boutsolderen
  - dompelsolderen
  - golfsolderen.

- Boutsolderen dient met een *laagspannings*soldeerbout te geschieden.

- Men heeft ook glasvezelplaten waarop de *dead bug*-methode wordt toegepast. Daarbij worden aan een zijde de componenten "op hun rug liggend" gemonteerd. Met dompel- of golfsolderen bevestigt men ze in één keer aan pennen.
  Aan de andere zijde brengt men geen printsporen, maar wire-wrap-verbindingen aan.

- De verbindingen met print- of dead bug-kaarten lopen via *connectors*, die in rekken zijn opgesteld.

- Bij de rekmontage maakt men gebruik van *montage-lijsten*. Gebruikelijk is:
  - elke kaart een hoofdletter te geven,
  - de contacten van een connector te nummeren,
  - de onderdelen-zijde van de kaart als a-zijde en de andere kant als b-zijde aan te duiden.

- Zo betekent "contact D10b":
  van de D-kaart het 10de contact aan de b-zijde.

- De montagelijsten beperken het maken van fouten tot een minimum doordat men eerst een verbinding aanbrengt en men deze later apart controleert.

- Betekenis van enkele aanduidingen op montagelijsten:

binnenkomende leiding	uitgaande leiding	leiding naar ander rek	géén verbinding

- Het laatste contact van rij a en rij b op een connector wordt doorgaans gebruikt voor de voedingsspanning.
  Het voorlaatste contact van elke rij wordt gebruikt voor het bevestigen van de 0 V-leiding.

TEST UZELF

1. Multi-layer prints hebben als eigenschap:
   - aan elke zijde van de plaat ligt één laag sporen, O
   - slechts aan één zijde van de plaat liggen twee of meer lagen sporen met tussenliggende isolatie, O
   - aan minstens een zijde van de plaat liggen twee of meer lagen sporen met tussenliggende isolatie, O
   - altijd liggen aan beide zijden van de plaat twee of meer lagen sporen met tussenliggende isolatie. O

2. Wire wrap-verbindingen worden:
   - tezamen met printsporen op glasvezelplaten toegepast, O
   - nooit op glasvezelplaten toegepast, O
   - uitsluitend op connectors toegepast, O
   - op glasvezelplaten en op connectors toegepast. O

3. Op printplaten worden onderdelen meestal tegen de kaart aangedrukt gemonteerd.
   Uitzonderingen hierop zijn:
   - warm wordende weerstanden, O
   - warm worden transistors en dioden, O
   - transformators en grote elco's, O
   - alle voorgaande antwoorden zijn juist. O

FOUTZOEKEN

- Men kan onderscheiden:
  - Fouten in systemen die reeds goed gewerkt hebben.
  - Fouten in systemen die nog niet goed gewerkt hebben.

- Fouten in systemen die reeds goed gewerkt hebben zijn:
  - Niet gemaakte uitwendige verbindingen.
  - Omgevingsinvloeden (afwijkende voedingsspanningen, te hoge temperatuur, van buitenkomende storingen).
  - In montage ontstane fouten,
  - Defect geraakte verbindingen of onderdelen.

- Fouten in systemen die nog niet goed gewerkt hebben zijn:
  - Ontwerpfouten,
  - Montagefouten.
  - Defecten in componenten of materialen.

- Benodigde hulpmiddelen bij het foutzoeken zijn:

  Handwerkgereedschap:
  Soldeerbout.
  Pincet.
  Plattang.
  Kniptang.

  Meetinstrumenten:
  Universeelmeter.
  Oscilloscoop.
  Blokspanningsgenerator.

  Andere benodigdheden:
  Snoertjes en schakelaars.
  Documentatie.
  Verlengpanelen.

- Alvorens met foutzoeken te beginnen is het nodig na te gaan welke functies een systeem moet verrichten.

- Bedenk: 80 à 90% van de fouten treden *buiten* het informatieverwerkende deel op!

- *Regels voor het opsporen van fouten.*

  - Controleer *uitwendig* of alles in orde is, zoals: aanwezigheid en grootte van netspanning, aansluiting van diverse pluggen en connectors, aanwezigheid en juiste aansluiting van opnemer(s) en weergever(s), aanwezigheid en grootte van voedingsspanning (en), aanwezigheid en heel zijn van zekeringen.

  - Blijkt de fout niet uitwendig, maar *inwendig* op te treden, tracht hem dan eerst te lokaliseren door óf diverse kaarten stuk voor stuk door een nieuwe te vervangen, óf gelijke kaarten te verwisselen. Moet het systeem stap voor stap doorgenomen worden, werk dan van achteren naar voren.

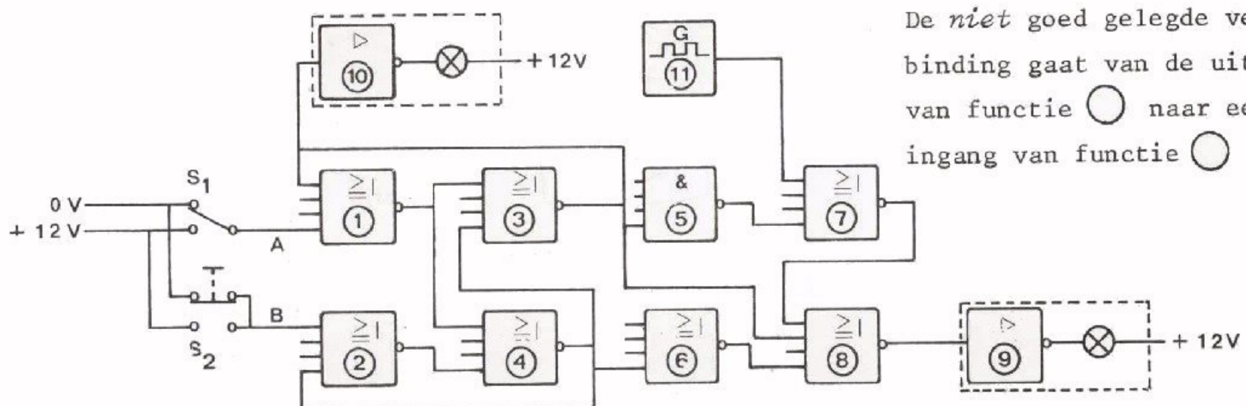
  - Is de fout gevonden, tracht dan ook zijn *oorzaak* op te sporen en zo mogelijk onschadelijk te maken. Noteer elke gevonden fout en de daarna genomen maatregelen.

TEST UZELF

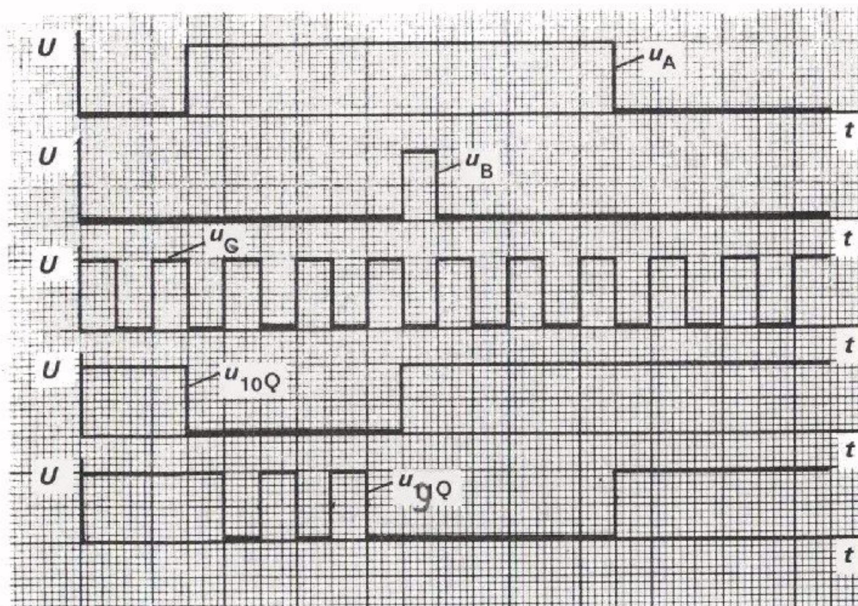
1. Hieronder volgen een aantal regels die bij het foutzoeken worden aanbevolen.
   Geef aan in welke volgorde deze regels in de praktijk bij voorkeur worden afgewerkt.

Spoor de oorzaak van de fout op.	
Kijk of uitwendig alles in orde is.	
Gebruik waarheids- en/of functietabellen van de documentatie.	
Verwissel kaarten in een systeem om de fout(en) te lokaliseren.	
Ga na wat het systeem behoort te doen.	

2. In onderstaand alarmsysteem is een montagefout geslopen. Een en ander blijkt uit de functietijd-diagrammen, die niet in overeenstemming zijn met het werkelijk functioneren van de schakeling.
   Controleer met behulp van de functie-tijd diagrammen van een wel goed werkend systeem welke verbinding niet juist gelegd is.



De *niet* goed gelegde verbinding gaat van de uitgang van functie ◯ naar een ingang van functie ◯



diagrammen van goed werkend systeem